

XR 4.0 X-ray expert unit, Röntgengerät, 35 kV

09057-99

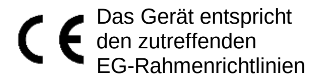
PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de



Abb. 1: 09057-99, XR 4.0 X-ray expert unit Röntgengerät 35 kV

Betriebsanleitung



Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien

INHALTSVERZEICHNIS

1 SICHERHEITSHINWEISE



- Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig und vollständig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den vorgesehenen Zweck.
- Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen staubfreien Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.
- Vor dem Anlegen der Netzspannung muss sichergestellt werden, dass der Schutzleiter des Netzteils ordnungsgemäß mit dem Schutzleiter des Netzes verbunden ist. Der Netzstecker darf nur in eine Netzsteckdose mit Schutzleiter eingesteckt werden. Die Schutzwirkung darf nicht durch die Verwendung eines Verlängerungskabels ohne Schutzleiter aufgehoben werden.
- Achten Sie darauf, dass die auf dem Typenschild des Geräts angegebene Netzspannung mit der ihres Stromnetzes übereinstimmt.
- Das Gerät ist vibrationsarm aufzustellen. Netzschalter bzw. Gerätestecker müssen frei zugänglich sein. Die Lüftungsschlitze des Geräts dürfen nicht abgedeckt werden.
- Keine anderen Geräte als die vorgesehenen an das Gerät anschließen.
- Achtung: Vor Lösen, Tausch oder Entfernen jeglicher Kabelverbindungen ist das Gerät vom Netz zu trennen!
- Achten Sie darauf, dass keine Flüssigkeiten oder Gegenstände in die Lüftungsschlitze des Gerätes gelangen.

- Das Gerät nicht in Betrieb nehmen, wenn das Netzkabel oder Gerät beschädigt ist.
- Das Gerät ist am Ende der Benutzung abzuschalten, ein Dauerbetrieb ist nicht zulässig. Maximal empfohlene Betriebsdauer pro Tag sind 10 Stunden. Eine Überschreitung der Betriebsdauer bedingt kein Sicherheitsrisiko, kann jedoch die Lebensdauer der Röntgenröhre negativ beeinflussen.
- Das Gerät ist mindestens 2-mal pro Jahr in Betrieb zu nehmen und auf seine Sicherheitsfunktionen entsprechend dem unter Punkt 7 in diesem Dokument aufgeführten Protokoll zu überprüfen.

  In Schadensfall ist das Gerät zur Reparatur zurückzugeben. Reparatur- und Wartungsarbeiten werden ausschließlich durch den Hersteller oder durch von diesem beauftragten zertifizierten Firmen durchgeführt.
- Das Gerät sollte nicht in Höhen ü.NN von 2000m betrieben werden



- Da Röntgengeräte gesundheitsgefährdende Strahlung erzeugen, darf eine Inbetriebnahme des Röntgengerätes nur von entsprechend unterwiesenem und qualifiziertem Personal vorgenommen werden entsprechend den länderspezifischen gesetzlichen Vorgaben.
- Für Deutschland: Während des Umgangs mit dem Röntgengerät sind die verbindlich festgelegten Maßnahmen und Pflichten der Röntgenverordnung (RÖV) strengstens zu befolgen.
- Die Auflagen des Zulassungsscheins sind einzuhalten.
- Der Betreiber hat besonders darauf zu achten, dass
  - das Röntgengerät vor dem Zugriff Unbefugter geschützt ist
  - das Gerät nicht länger als nötig in Betrieb ist
  - Personen bei arbeitendem Gerät sich nicht länger als nötig in dessen unmittelbarer Nähe aufhalten.
- Der Betrieb des Gerätes ist untersagt, wenn
  - die Schiebetür aus bleihaltigem Acrylglas zum Öffnen des Experimentierraumes als auch die anderen Schutzglasfenster zur Beobachtung der Röntgenröhre sowie des Experimentierraumes beschädigt sind.
  - der Lüfter auf der Röhreneinschubseite im Inneren des Gerätes nicht arbeitet (akustische Prüfung)
  - die Sicherheitskreise zum Unterbrechen des Röhrenbetriebs beim Öffnen der Schiebetür nicht einwandfrei arbeiten
- Pflegehinweise:
  - Keinen Verdünner verwenden!
  - Verschmutzungen können mit geeigneten Lösungsmitteln, auf weiche Tüchern getränkt, entfernt werden.
- **Transporthinweise:**
  - **Die Schublade darf während des Transports nicht belastet werden, das Gerät darf nur auf den dafür vorgesehenen Füßen stehen. Gegebenenfalls die Schublade aushängen.**
  - **Das Gerät darf nicht im verriegelten Zustand transportiert werden. Vor dem Transport Verriegelung also lösen (Abb. 5, Taste IV, geht nur im eingeschalteten Zustand). Die Tür sollte allerdings durch den S-LOCK eingerastet sein – nur nicht verriegelt.**

2 BETRIEBSHINWEISE

- Das vorliegende Qualitätsgerät erfüllt die technischen Anforderungen, die in den aktuellen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft zusammengefasst sind. Die Produkteigenschaften berechtigen zur CE-Kennzeichnung.
- Der Betrieb dieses Gerätes ist nur unter fachkundiger Aufsicht in einer beherrschten elektromagnetischen Umgebung von Forschungs-, Lehr- und Ausbildungsstätten (Schulen, Universitäten, Instituten und Laboratorien) erlaubt.
- Dies bedeutet, dass in einer solchen Umgebung Sendefunkeinrichtungen, wie z. B. Mobiltelefone nicht in unmittelbarer Nachbarschaft verwendet werden dürfen. Die einzelnen angeschlossenen Leitungen dürfen nicht länger als 2 m sein.
- Durch elektrostatische Aufladungen o.ä. elektromagnetische Phänomene (HF, Burst, indirekte Blitzentladungen usw.) kann das Gerät beeinflusst werden, so dass es nicht mehr innerhalb der spezifizierten Daten arbeitet.

  Folgende Maßnahmen vermindern bzw. beseitigen den störenden Einfluss: Teppichboden meiden; für Potentialausgleich sorgen; Experimentieren auf einer leitfähigen, geerdeten Unterlage, Verwendung von Abschirmungen, abgeschirmte Kabel. Hochfrequenzsender (Funkgeräte, Mobiltelefone) nicht in unmittelbarer Nähe betreiben. Nach einem Totalausstieg durch Betätigung des Netzschalters einen „Reset“ durchführen.

Dieses Gerät entspricht der Klasse A, der Norm EN 61326 und darf nur außerhalb von Wohnbereichen uneingeschränkt betrieben werden. Sollten trotz Beschränkung des Einsatzes auf den Fachraum einer Schule oder einer anderen Ausbildungsstätte im umgebenden Wohnbereich elektromagnetische Störungen auftreten, so kann vom Betreiber verlangt werden, angemessene Maßnahmen (z.B. Abschirmung, große Abstände zu empfindlichen Geräten, kurze Betriebsdauer, kürzest mögliche Verbindungsleitungen usw.) durchzuführen und dafür aufzukommen.

3 VORSCHRIFTEN DER RÖNTGENVERORDNUNG (RÖV) DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Der Betrieb des Röntgengerätes unterliegt in der Bundesrepublik Deutschland den Vorschriften der Röntgenverordnung (RöV), die dementsprechend beachtet werden muss. Nach dieser Verordnung erfüllt das Gerät die verbindlich festgelegten Bedingungen, sowohl die einer Schulröntgeneinrichtung, als auch die eines Vollschutzgerätes.

Der Betrieb des Gerätes ist in der Bundesrepublik Deutschland genehmigungsfrei aber anzeigepflichtig. Es muss also bei der lokalen Aufsichtsbehörde angezeigt werden.

Zur Anzeige sind der Prüfschein und eine Kopie der Bauartzulassung bei der zuständigen Behörde einzureichen. Der Betrieb des Gerätes darf nur von entsprechend geschultem und eingewiesenem Personal vorgenommen werden. Wird das Gerät als eine Schulröntgeneinrichtung betrieben, muss ein Strahlenschutzbeauftragter bestellt sein.

Bei maximal anliegenden Betriebsdaten beträgt die

Ortsdosisleistung in einem Abstand von 0,1 m von der berührbaren Gehäuseoberfläche weniger als 1 µSv/h.

Zwei voneinander unabhängig arbeitende Sicherheitskreise überwachen das Öffnen der Schiebetür zum Experimentierraum.

Eine Erzeugung von Röntgenstrahlung ist nur bei ordnungsgemäßer Verriegelung der Schiebetür möglich. Die Überschreitung der maximal zulässigen Röhrenbetriebswerte wird durch Sicherheitsschaltungen unterbunden.

Das Gerät darf nicht mehr betrieben werden, sobald Manipulationen am Röntgengerät vorgenommen werden, die nicht zum Aufbau oder zur Durchführung von Experimenten dienen. Unter keinen Umständen dürfen die Sicherheitsschrauben des Stahlblechgehäuses gelöst werden oder Veränderungen an den Scheiben durchgeführt werden. Reparaturen dürfen ausschließlich nur vom Hersteller durchgeführt werden.

Für den Betrieb außerhalb der Bundesrepublik Deutschland sind die lokalen gesetzgebenden Vorschriften zu beachten.

4 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

4.1. Zweck des Gerätes

Das Röntgengerät ist ein speziell für die Erfordernisse der Ausbildung in Schule und Hochschule entwickeltes Demonstrations-und Praktikumsgerät und kann neben der Physikausbildung auch in der Ausbildung im medizinischen Bereich und anderen benachbarten technischen Disziplinen eingesetzt werden. Das mikroprozessorgesteuerte Kompaktgerät zeichnet sich besonders dadurch aus, dass durch die Verwendung einer Röntgenröhren-Schnellwechseltechnik Experimente mit verschiedenen Röntgenröhren mit unterschiedlichem Anodenmaterial durchgeführt werden können. Es stehen wahlweise folgende Röntgenröhren, die in speziellen Einschüben betriebsbereit eingebaut sind, zur Verfügung:

- Einschub mit Cu-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-50
- Einschub mit Mo-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-60
- Einschub mit Fe-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-70
- Einschub mit W-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-80

Einschübe anderer Bauart sind nicht zugelassen.
Neben einfachen Durchleuchtungsexperimenten und Experimenten zur Dosimetrie können mit Hilfe des bereits eingebauten Ratemeters und des zusätzlichen Goniometers spektroskopische Experimente zur Atomphysik und Festkörperphysik durchgeführt werden.
Die Einstellung aller Betriebs- und Steuerungsparameter erfolgt entweder direkt am Gerät oder via USB an einem PC.

Für die direkte Gerätesteuerung (zur Darstellung aller Betriebs- und Steuerungsparameter und zur Messwertanzeige) dient ein Farb-TFT-Bildschirm im Bedienfeld an der Vorderseite. Die Tasten um den Bildschirm im Bedienfeld erlauben die vollständige Bedienung und Steuerung des Geräts in seinen Grundfunktionen.

4.2. Übersicht der möglichen Versuche

Mit dem Gerät und entsprechenden Zusatzkomponenten lassen sich folgende Versuche durchführen:

- Durchstrahlung von Objekten durch Beobachtung mit Hilfe eines Leuchtschirms
- Herstellung von Röntgenaufnahmen von durchstrahlten Objekten
- Nachweis der Ionisationswirkung von Röntgenstrahlen (Dosimetrie)
- Nachweis der Bragg-Reflektion
- Charakterisierung von Röntgenspektren
- Bestimmung der charakteristischen Röntgenlinien verschiedener Anodenmaterialien (Cu, Mo, Fe, W), dadurch Verifizierung des Moseley-Gesetzes
- Nachweis der charakteristischen Linien $K\alpha 1$ und $K\alpha 2$ in Beugung höherer Ordnung
- Monochromatisierung von Röntgenstrahlen mit Hilfe von Einkristallen oder von Metallfolien
- Kristallstrukturanalyse mit Hilfe der Röntgenspektroskopie, der Laue- und der Debye-Scherrermethode
- Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums aus der kurzwelligen Grenze des Bremsspektrums (Duane-Hunt`sches Verschiebungsgesetz)
- Bestimmung der Rydbergkonstanten
- Bestimmung von Absorptionskoeffizienten als Funktion der Dicke und der Ordnungszahl des Absorbermaterials und der Fotonenenergie
- Nachweis von Absorptionskanten
- Demonstration der Wirkungsweise von Kontrastmitteln in der Medizin
- Comptonstreuung

5 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

5.1 Das Grundgerät

In der Übersicht umfasst das Grundgerät folgende Hauptkomponenten (siehe Abb. 2 und 3)

5.1.1 Experimentierraum
Zum Durchführen von Experimenten und zur Aufnahme von Zusatzkomponenten wie z.B. dem Goniometer oder weiterem Experimentiermaterial

5.1.2 Röhreneinschub mit Einschubschacht
Modul, in dem die Röntgenstrahlung erzeugt wird.

5.1.3 Bedienfeld
Zur Einstellung aller Betriebswerte und Steuerungsgrößen, sowie zur Darstellung aller verfügbaren Messwerte.

5.1.4 Zubehörschublade
Zur griffbereiten Aufbewahrung von Zusatzkomponenten.

5.1.5 Buchsenfeld im Experimentierraum
Zum Anschluss verschiedener Komponenten, entweder zur Anbindung an das Grundgerät, oder zum Anschluss an andere periphere Geräte via Buchsenfeld außen auf der rechten Geräteseite.

5.1.6 Buchsenfeld außen
Das Gegenstück zum Buchsenfeld im Experimentierraum befindet sich rechts außen am Gerät.



Abb. 2: Ansicht von links vorne Grundgerät (09057-99) inklusiv Röhreneinschub



Abb. 3: Ansicht von rechts vorne Grundgerät (09057-99)

5.2. Der Experimentierraum (1)
Der Experimentierraum (Abb. 4) enthält folgende Funktionselemente:

5.2.1 Schiebetür (A)
Aus bleihaltigem Acrylglas. Die Tür wird durch einen Sicherheitskreis permanent überwacht und ist über einen Aktor entweder blockiert oder freigegeben.
Ist die Schiebetür geschlossen und das Gerät im sicheren Zustand, kann der Bediener über das Bedienfeld die Schiebetür verriegeln.
Die Erzeugung von Röntgenstrahlung ist nur bei verriegelter Tür möglich. Die Schiebetür wird auch im nicht verriegelten Zustand zugehalten. Um die Schiebetür zu öffnen, schieben Sie diese zunächst an den rechten Anschlag. Nun ist das Schloss geöffnet und die Tür lässt sich ganz öffnen.

5.2.2 Strahlaustrittsöffnung (B)
Auf der linken Seite des Experimentierraumes zur Aufnahme von Metalltuben mit kreisförmigen Doppelblenden zur Erzeugung eines an das jeweilige Experiment angepassten Strahlenbündels.

5.2.3 Buchsenfeld Experimentierraum (C)
Elektrisches Anschlussfeld zum Verbinden von im Experimentierraum befindlichen Geräten, z.B. Goniometer. Die elektrischen Anschlüsse verbinden die Geräte entweder mit dem Röntgengerät selbst, oder führen an das externe Buchsenfeld an der rechten Geräteseite (durchschleifen). Hierüber kann z. B. eine Digitalkamera im Experimentierraum von außen gesteuert oder ausgelesen werden.

5.2.4 Arbeitskanal (D)
Der Arbeitskanal befindet sich an der hinteren Wand des Experimentierraums, rechts unten. Der Arbeitskanal endet auf der rechten Geräteseite außen und stellt somit eine Verbindung dar, durch die von außen während des Betriebs z.B. durch Schläuche ein Kontrastmittel in den Experimentierraum eingeführt werden kann. Der Arbeitskanal ist in Form und Querschnitt so gewählt, dass keine Röntgenstrahlung austreten kann.

5.2.5 Optische Bank (E)
Entlang der optischen Achse des Röntgenstrahls ist am Boden des Experimentierraums eine optische Bank befestigt, auf der die Adapter zur Durchführung von Experimenten aufgesetzt und verschoben werden können.

5.2.6 Temperaturüberwachung
Die Temperatur der Luft im Inneren des Experimentierraums wird überwacht und über ein Lüftersystem gesteuert.

5.2.7 Innenraumbeleuchtung
Zuschaltbare LED-Zeilenbeleuchtung zur Beleuchtung des Experimentierraums.

5.2.8 Aufnahmen zur Befestigung des Goniometers
Das Goniometer 09057-10 wird im Experimentierraum über eine Feststellschraube mechanisch fixiert und stellt elektrisch eine Verbindung zum Grundgerät her (plug & measure).

5.3. Bedienfeld an der Gerätevorderseite (2)
Das Bedienfeld an der Gerätevorderseite ist in Abbildung 5 dargestellt.



Abb. 4: Der Experimentierraum

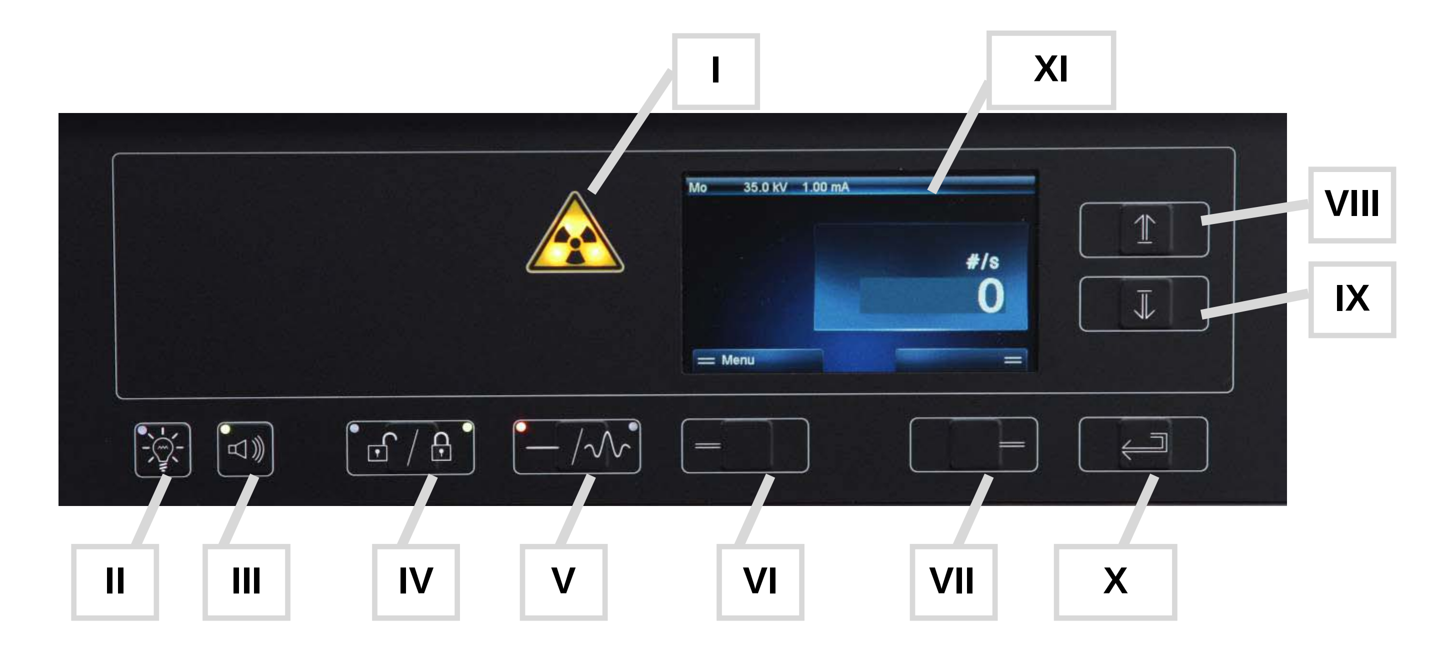


Abb. 5: Bedienfeld an der Vorderseite des Gerätes

Tabelle 1: Übersicht der Funktionselemente des Bedienfeldes

Nr.	Bezeichnung / Typ	Funktion	Leuchtende Farbe: Funktion aktiviert
I	3 eckiges Warnsymbol „Röntgenstrahlung“	Statusanzeige „Röntgenstrahlung möglich“	signalgelb (2 LED's)
II	Beleuchtung / Drucktaste	Experimentierraum Beleuchtung ein / ausschalten	grün
III	Lautsprecher / Drucktaste	Akustische Anzeige der Impulse	grün
IV	Türstatus / Drucktaste	Tür verriegeln, Tür entriegeln	Weiß: nicht verriegelbar Linke LED grün: verriegelbar Rechte LED grün: verriegelt
V	X-ray / Drucktaste	Zum Einschalten der Röntgenstrahlung	weiß: nicht einschaltbar Linke LED grün: einschaltbar Rechte LED grün: eigeschaltet
VI	Drucktaste (keine Bezeichnung)	Auswahl Menüfunktion wird oberhalb auf dem Bildschirm angezeigt, Position links unten	weiß
VII	Drucktaste keine Bezeichnung	Auswahl Menüfunktion wird oberhalb auf dem Bildschirm angezeigt, Position rechts unten	weiß
VIII	Pfeil nach oben (Drucktaster)	Zum Einstellen von Versuchsparametern, scrollen durch das Menü	weiß
IX	Pfeil nach unten (Drucktaster)	Zum Einstellen von Versuchsparametern, scrollen durch das Menü	weiß
X	Enter / Drucktaster	Zum Bestätigen des ausgewählten Wertes	weiß
XI	TFT-Display	Darstellung von Menüs zur manuellen Steuerung 77 x 50 mm	polychrom

5.4. Zubehörschublade (3)
Im unteren Teil des Grundgeräts befindet sich eine Zubehörschublade mit Formeinsätzen für folgende Komponenten:

- Geiger-Müller-Zählrohr
- Röntgenenergiedetektor
- Motorisiertes Filterrad
- Standardproben
- Blendentubus
- Blendentubus mit Filter

5.5. Röhreneinschub (4)
Einschubfeld zur Aufnahme der justierten Röntgenröhre im Stahlblechgehäuse mit Traggriff zum betriebsbereiten Einsatz im Röntgengrundgerät. Das Gehäuse der Röhre verfügt über Sicherheitselemente, die nur bei korrektem Einbau des Einschubs den Röntgenbetrieb freigeben. Ein Betrieb des Röntgengerätes ohne zugelassenen Einschub ist nicht zulässig.



Abb. 6: Röntgeneinschub an der linken Seite des Gerätes

Es stehen wahlweise, vollkonfektionierte Einschübe zur Verfügung:

- Einschub mit Cu-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-50
- Einschub mit Mo-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-60
- Einschub mit Fe-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-70
- Einschub mit W-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-80

Die Einschübe bestehen jeweils aus einem Stahlblechgehäuse mit einer werksseitig justiert eingebauten Röntgenröhre. Um Überhitzung während des Betriebs zu vermeiden, sind die Röhren von einem Zylinder mit Duran-Glas umschlossen, durch dessen seitliche Ansatzstutzen eine zwangsgeführte Luftkühlung mit Hilfe eines Ventilators im Grundgerät gewährleistet ist.

Die Einschübe besitzen jeweils einen HV-Stecker und einen Stecker für die Röhrenkathodenheizung zur Übernahme der Röhrenbetriebsgrößen aus den entsprechenden Steckbuchsen des Grundgeräts.

Der Einschub muss vollständig eingeschoben werden. Ansonsten ist kein Betrieb möglich.

5.6. Das Buchsenfeld im Experimentierraum (5)



Abb. 7 Buchsenfeld im Experimentierraum

Das Buchsenfeld an der hinteren Wand des Experimentierraums (Abb. 7) umfasst folgende Buchsen zum Anschluss von Komponenten im Experimentierraum. Die Bezeichnungen im Gerät sind kursiv gekennzeichnet.

Von oben nach unten

- ***X RED:*** Zur Verbindung des Röntgenenergiedetektors 09058-30 mit dem Vielkanalanalysator 13727-99, BNC Signalleitung, Versorgungsleitung (direkte Verbindung zum Buchsenfeld rechts außen).
- ***Aux:*** Multipolbuchse zum Anschluss von unterschiedlichen Geräten im Experimentierraum (direkte Verbindung zum Buchsenfeld rechts außen).
- ***USB 2.0:*** Buchse zum Anschluss von Digitalkameras etc (direkte Verbindung zum Buchsenfeld rechts außen).
- ***Max 600 V***: 2 x 4 mm-Buchsen z. B. zur Aufladung der Kondensatorplatten (Best.-Nr. 09057-05) für Dosimetrie-Experimente (direkte Verbindung zum Buchsenfeld rechts außen).
- ***GM tube:*** BNC Buchse zum Anschluss des Geiger-Müller-Zählrohres Typ B 09005-00
- ***Motor:*** Buchse zum Anschluss eines Motors zum Beispiel Filterrad
- ***Goniometer:*** Anschlussbuche für das Goniometer 09057-10
- ***N_2:*** Zur Einleitung von Schutzgas, bzw. zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe (direkte Verbindung zum Buchsenfeld rechts außen)

5.7. Das Buchsenfeld, rechts außen (6)

Das Gegenstück zum Buchsenfeld im Experimentierraum ist das Buchsenfeld außen auf der rechten Geräteseite (Abb. 8).



Abb. 8: Buchsenfeld außen an der rechten Seite des Gerätes

An dieser Stelle können folgende Komponenten angeschlossen werden. Die Bezeichnungen am Gerät sind kursiv gekennzeichnet.

Untere Zeile im Buchsenfeld:

- ***PC:***, zum Anschluss an den Steurungs-PC via Measure USB 2.0 Buchse
- ***Service***: zum Anschluss eines speziell konfigurierten PC´s zum update der Geräteeinstellungen und zur Diagnose (nur für autorisiertes Fachpersonal)
- ***Display:*** zum Anschluss des RF-Adapters Display Connect (12623-88). Dient der Darstellung aktueller Messwerte und Geräteparameter über die Großanzeige (07157-93).
- ***USB 2.0:*** Buchse zum Anschluss von Digitalkameras etc.(direkte Verbindung zum Buchsenfeld im Experimentierraum).
- ***N_2:*** Zur Einleitung von Schutzgas, bzw. zur Verbindung mit einer Vacuumpumpe (direkte Verbindung zum Buchsenfeld im Experimentierraum)

Obere Zeile im Buchsenfeld:

- ***X RED:*** Zur Verbindung des Röntgenenergiedetektors 09058-30 mit dem Vielkanalanalysator 13727-99, BNC Signalleitung, Versorgungsleitung (direkte Verbindung zum Buchsenfeld im Experimentierraum).
- ***Aux:*** Multipolbuchse zum Anschluss von unterschiedlichen Geräten im Experimentierraum. (direkte Verbindung zum Buchsenfeld im Experimentierraum).
- ***Max 600 V***: 2 x 4 mm-Buchsen z. B. zur Aufladung der Kondensatorplatten (Best.-Nr. 09057-05) für Dosimetrie-Experimente (direkte Verbindung zum Buchsenfeld im Experimentierraum).

6 HANDHABUNG

Dieser Abschnitt beschreibt die Inbetriebnahme des Geräts und vermittelt einen Überblick über die Handhabung desselben. Bitte lesen Sie diesen Abschnitt sorgfältig durch, um Misserfolge oder Fehlbedienungen zu vermeiden.

6.1. Transporthinweise:

- Die Schublade darf während des Transports nicht belastet werden, das Gerät darf nur auf den dafür vorgesehenen Füßen geschehen. Gegebenenfalls die Schublade aushängen.
- Das Gerät darf nicht im verriegelten Zustand transportiert werden. Vor dem Transport Verriegelung also lösen (Taste IV, geht nur im eingschalteten Zustand). Die Tür sollte allerdings durch den S-LOCK eingerastet sein – nur nicht verriegelt.

6.2. Inbetriebnahme

Schließen Sie das Gerät an die Stromversorgung über das beiliegende Kaltgerätekabel an, die Steckerbuchse dafür befindet sich auf der Geräterückseite (Siehe Abb. 9).



Abb. 9: Rückseite des Gerätes mit Anschlussbuchse für das Kaltgerätekabel sowie dem zentralen An-Aus-Schalter

6.3. Starten des Geräts

Auf der Geräterückseite befindet sich der zentrale An-Aus-Schalter für das Gerät (Siehe Abb. 9 (7)). Schalten Sie hier das Gerät an. Nach dem Starten des Geräts führt das Gerät zunächst eigenständig eine Systemkontrolle (Sicherheitsüberprüfung) durch.

Beim Einschalten des Geräts wird eine beim vorherigen Ausschalten des Geräts verriegelt gebliebene Tür selbstständig entriegelt.

Der ermittelte Gerätestatus wird im Bedienfeld im Display und über die Farben der Taster IV und V dargestellt. Die LED‘s leuchten weiß..

Anschließend ist es notwendig, dass der Bediener die Schiebetür einmalig komplett öffnet und schließt. (Check der Sicherheitskreise)

Die Schiebetür wird auch im nicht verriegelten Zustand zugehalten. Um die Schiebetür zu öffnen, schieben Sie diese zunächst an den rechten Anschlag. Nun ist das Schloss geöffnet und die Tür lässt sich ganz öffnen.

Wenn ein Röntgeneinschub eingeschoben ist und die Tür geschlossen ist, leuchtet die linke LED der Taste IV grün. Alle anderen LED’s leuchten weiß.

Nun ist das Gerät betriebsbereit.

Sollte hier eine unterschiedliche Anzeige erfolgen, liegt ein Fehlerfall vor, und der Service der PHYWE ist zu kontaktieren.

Achtung:

- Nur, wenn ein Röhreneinschub ordnungsgemäß im Gerät eingeschoben ist, kann die Schiebetür verriegelt werden.
- Wird das Gerät im verriegelten Zustand ausgeschaltet, lässt sich die Tür erst nach dem Wiedereinschalten öffnen.



Zur ersten Inbetriebnahme sollten Röntgenröhren nicht sofort mit maximaler Leistung betrieben werden. Zum Einlaufen der Röhren ist zu empfehlen, diese für eine Dauer von ca. 10 Minuten bei maximalem Strahlstrom aber mit einer Beschleunigungsspannung nicht über 25 kV zu betreiben. Dieses Verfahren ist auch dann zu wiederholen, wenn eine Röhre über einen Zeitraum von einigen Wochen nicht benutzt worden ist.

Prinzipiell gibt es für das Gerät 4 Gerätezustände, die in Tabelle 2 aufgelistet sind.



Abb. 11: Bildschirm zur Gerätesteuerung an der Vorderseite

Tabelle 2: Übersicht zu den 4 möglichen sicheren Betriebszuständen

	Röntgenstrahlung	Beschreibung	Taste IV	Taste V	Symbol 1	Symbol Y (siehe Abb. 11) *- Rein informativ*
1	Nicht einschaltbar	Scheibe ist nicht geschlossen und nicht verriegelt.	weiß	weiß	Aus	Aus
2	Nicht einschaltbar	Scheibe ist geschlossen, aber nicht verriegelt.	Linke LED grün	weiß	Aus	Aus
3	Einschaltbar	Die Röntgenstrahlung kann nun aktiviert werden	Rechte LED grün	Linke LED grün	An	Aus
4	Eingeschaltet	Die Röntgenstrahlung ist aktiv.	Rechte LED grün	Rechte LED grün	An	An

Entsprechend dem Status kann das Gerät vollständig über die im Bedienfeld angeordneten Taster zusammen mit der grafischen Darstellung gesteuert werden.



Abb. 10: Bildschirm zur Gerätesteuerung an der Vorderseite des Gerätes. Hochspannung ist nicht aktiviert.

des Gerätes. Hochspannung ist aktiviert. Das Symbol Y erscheint im Bildschirm

Der Wechsel der Darstellung und die Steuerung des Geräts über das Menü werden über Taster VI-X erreicht (Abb. 5).
Ist die Röntgenstrahlung aktiv, so erscheint ein Symbol auf dem Display (Siehe Abb. 11 (Y)).

6.4. Menüstruktur

Die Menüstruktur des Geräts besteht in der Hauptebene aus folgenden Punkten:

1. X-ray Parameter
2. Goniometer
3. Timer
4. Einstellungen
5. Info
6. Großanzeige

Das Navigieren innerhalb des Menüs, Ändern von Einstellungen und Verlassen des Menüs geschieht über die Tasten VI-X im Bedienfeld.

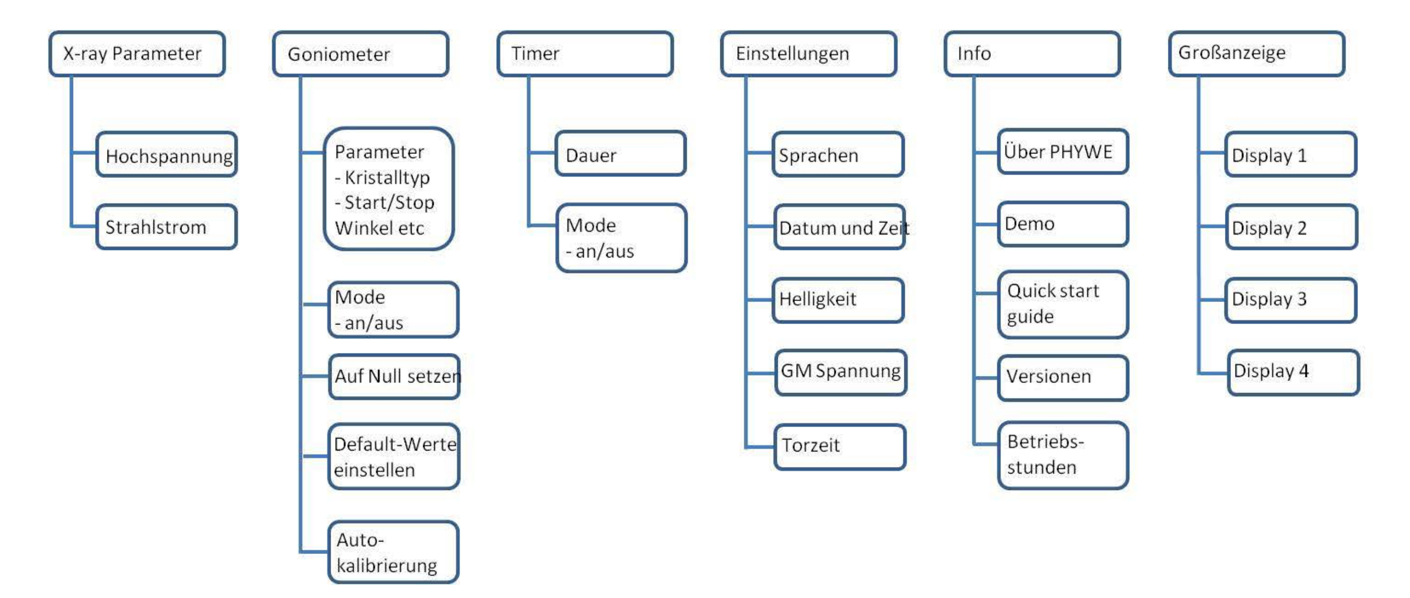


Abb. 12: Menüstruktur des Geräts – Übersicht

6.4.1 x-ray Parameter

Hier werden Hochspannung und Strahlstrom eingestellt. Durch Auswahl der Untermenüs Hochspannung und Strahlstrom kann durch Betätigung der dynamischen Taster rechts vom Display die Röhrenhochspannung im Bereich 0,0 kV...35,0 kV und der Emissionsstrom im Bereich 0,00 mA...1,00 mA gesetzt werden.

6.4.2 Goniometer

Menü und Parametrisierung des Goniometers (09057-10). Die Bedienung des Goniometers im Röntgengerät ist in der Bedienungsanleitung zu 09057-10 erklärt.

6.4.3 Timer

Einstellung von Start- und Stopp- Bedingungen für Experimente (Röntgenstrahlung an / aus).

6.4.5 Einstellungen

Menü zum Setzen von grundlegenden Einstellungen

6.4.6 Info

Menü für Statusinformationen vom Gerät

6.4.7 Großanzeige

Falls ein Sender angeschlossen ist und ein Großanzeige ansteuert, können hier die Parameter der einzelnen Anzeigen gesetzt werden. Siehe BA 09115-88.

6.5. Steuerung vom PC über measure

Alternativ zur direkten Steuerung des Geräts über das Bedienfeld kann die Steuerung und Messwertdarstellung auch am PC über measure erfolgen (14414-61).

7 PRÜFLISTE

Eine regelmäßige Prüfung nach dieser Liste ist durch den Benutzer durchzuführen (mindestens 2 * pro Jahr)

1. Das Gerät ist auf äußere Schäden zu überprüfen.
2. Alle Schutzscheiben müssen intakt sein.
3. Gerät einschalten gemäß Kap 6.1, 6.2 der Bedienungsanleitung

   Überprüfung der korrekten Funktion aller Anzeigeelemente.
4. Überprüfung der korrekten Funktion aller Betriebszustände nach Tabelle 2 der Bedienungsanleitung
   - In den Betriebszuständen 1 und 2 darf die Röntgenstrahlung nicht einschaltbar sein.
   - Im Betriebszustand 3 darf die Röntgenstrahlung nicht aktiv sein.
   - Nur im Betriebszustand 4 ist die Röntgenstrahlung aktiv.
   - Einstellung von: Strahlstrom 1 mA, Anodenspannung 35 kV ist vorzunehmen.
   - die Röntgenröhre leuchtet hell.

Sind alle oben aufgeführten Prüfungen richtig und erfolgreich durchgeführt ist das Gerät betriebsbereit.

Ist das Ergebnis **einer** der obigen Prüfungen fehlerhaft, so darf das Gerät nicht betrieben werden und der Service der Phywe ist zu kontaktieren. (Service@PHYWE.com).

8 TECHNISCHE DATEN (TYPISCH 25°C)

- Betriebstemperaturbereich 5°C ... 40°C,
- Rel. Luftfeuchte < 70%
- Mikroprozessorgesteuertes Grundgerät mit einer zentralen Sicherheitsüberwachung sowie 2 voneinander unabhängigen Überwachungskreisen zur Türposition und 2 unabhängigen Überwachungskreisen zum Aktor der Türfixierung
- 4 im Betrieb sichtbare Röntgenröhren (Fe, Cu, Mo, W) einsetzbar
- Bleiverstärkte Acryl-Scheiben zur Abschirmung der Röntgenstrahlung – bruchfest nach DIN EN 61010
- Integriertes Display zur Darstellung von Messwerten und

zur Darstellung von Geräteparametern
- Schnittstelle Display Connect zum Anschluss einer Großanzeige
- Experimentierraum bei Betrieb über Arbeitskanal zugänglich
- Eingebaute LED-Zeile zur Innenraumbeleuchtung, zuschaltbar
- Buchsenfeld intern und extern zur einfachen Verkabelung
- Lautsprecher zur akustischen Darstellung der Messung mit dem Geiger-Müller-Zählrohr
- ***N_2*:** max 5 bar
- Abschließbare Schublade zur Aufbewahrung von Zubehör
- Hochspannung 0,0...35,0 kV
- Emissionsstrom 0,0...1,0 mA
- Zählrohrspannung: 100 – 600 V
- Zählzeit: 0,5...100 s
- Belichtungszeit: 0...100 Minuten
- Mit zusätzlichem Goniometer: (nicht im Grundgerät enthalten)
    - Winkelschrittweite: 0,1...10°
    - Geschwindigkeit: 0,5...100,0 s/Schritt
    - Probendrehbereich: 0...360°
    - Zählrohrdrehbereich: -10°...+170°
    - PC-Steuerung über USB-Buchse
- Gehäuse (mm): 682(B) x 620(H) x 450(T)
- Experimentierraum (mm): 440(B) x 345(H) x 354(T)
- Anschluss: 110/240 V~, 50/60 Hz
- Leistungsaufnahme: 200 VA
- Masse: 55 kg
- PC-Steuerung über USB 2.0

9 LIEFERUMFANG

- 09057-99 X-ray Röntgengerät, USB
- Netzkabel
- USB Kabel
- Measure X-ray (14414-61).

10 ZUBEHÖR

Für das Röntgengerät steht ein umfangreiches Programm an Paketen und Zubehör zur Verfügung:

- 09057-80 XR 4.0 X-ray Einschub mit Wolfram-Röntgenröhre
- 09057-50 XR 4.0 X-ray Einschub mit Kupfer-Röntgenröhre
- 09057-60 XR 4.0 X-ray Einschub mit Molybdän-Röntgenröhre
- 09057-70 XR 4.0 X-ray Einschub mit Eisen-Röntgenröhre
- 09057-10 XR 4.0 X-ray Goniometer
- 09057-26 XR 4.0 X-ray Leuchtschirm
- 14414-61 XR 4.0 Software measure X-ray
- 09057-18 XR 4.0 X-ray Optische Bank
- 01200-02 TESS expert Physics Manual X-ray Experiments (XT)
- 09057-49 XR 4.0 X-ray Schutzhülle
- 09056-05 XR 4.0 X-ray Lithiumfluorid-Einkristall im Halter (LiF)
- 09056-01 XR 4.0 X-ray Kaliumbromid-Einkristall im Halter (KBr)
- 09057-01 XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 1 mm
- 09057-02 XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 2 mm
- 09057-03 XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 5 mm
- XR 4.0 X-ray Blendentubus mit Ni-Folie 09056-01
- XR 4.0 X-ray Blendentubus mit Zr-Folie
- 09057-04 XR 4.0 X-ray Comptonzusatz
- 09056-02 XR 4.0 X-ray Absorptionssatz für Röntgenstrahlen
- 09057-19 XR 4.0 Display-Connect, Set aus Sender und Empfänger
- 09058-01 XR 4.0 X-ray NaCl-Einkristalle, Satz von 3 Stück
- 09056-04 XR 4.0 X-ray Chemikalien-Satz für Kantenabsorption, 1 Satz
- 09058-30 XR 4.0 X-ray Röntgenenergiedetektor (XRED)
- 09058-02 XR 4.0 X-ray Universal Kristallhalter für Röntgengerät
- 09058-09 XR 4.0 X-ray Probenhalter für Pulverproben
- 09058-11XR 4.0 X-ray Kristallhalter fü r Laue-Aufnahmen
- 13727-99 Vielkanalanalysator, erweiterte Version,
- 09058-32 XR 4.0 XRED Kabel 50 cm

Sets

- XRE 4.0 X-ray expert Röntgengerät Basisset 09110-88
- XRW 4.0 X-ray wireless Demonstration Erweiterungsset, 09115-88
- XRP 4.0 X-ray Festkörper Erweiterungsset, 09120-88
- XRC 4.0 X-ray Charakterisierung Erweiterungsset, 09130-88
- XRS 4.0 X-ray Strukturanalyse Erweiterungsset, 09140-88
- XRI 4.0 X-ray Radiografie Erweiterungsset, 09150-88
- XRM 4.0 X-ray Materialanalyse Erweiterungsset, 09160-88
- XRD 4.0 X-ray Dosimetrie, Strahlenschädigung Erweiterungset, 09170-88
- XRCT 4.0 X-ray Computer Tomographie Erweiterungsset, 09180-88



Abb. 13: XR 4.0 Display-Connect.

Dazu wird der TX-Adapter des Display Connect am Buchsenfeld außen angesteckt (Buchse Display Connect). Der RX-Adapter wird an die Großanzeige angeschlossen. Die Auswahl der Werte erfolgt über das Gerätemenü am Bedienfeld.

11 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten. Von der Garantie ausgenommen sind: Schäden, die auf Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, unsachgemäße Behandlung oder natürlichen Verschleiß zurückzuführen sind.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

12 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.

Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll). Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es bitte zur fachgerechten Entsorgung an die unten stehende Adresse.



PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Abteilung Kundendienst
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-274
Fax +49 (0) 551 604-246

13 ANHANG

Symbole und Sicherheitskennzeichnungen



Achtung, allgemeine Gefahrenstelle



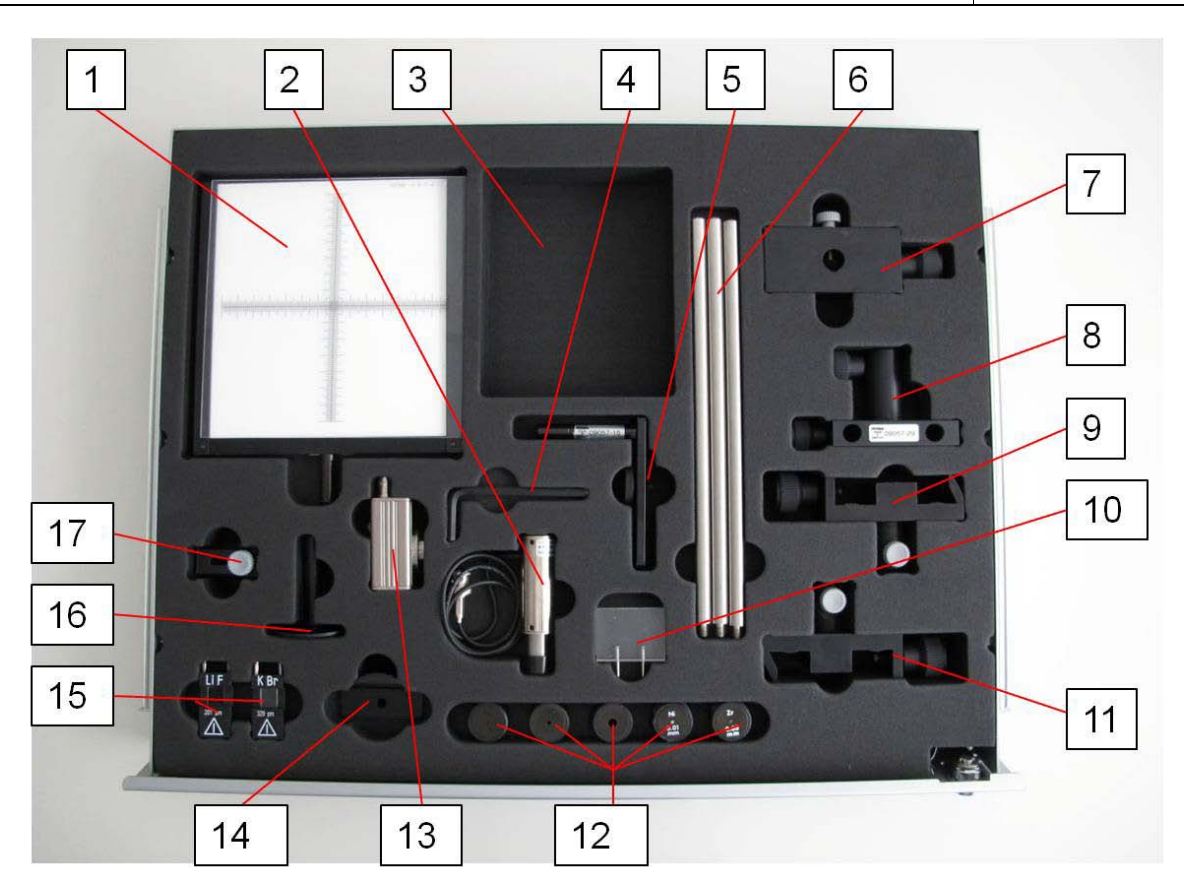
Warnung vor radioaktiven Stoffen oder ionisierenden Strahlen



Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung

Zuordnung der Fächer in der Schublade

Fach-Nr.	Art.-Nr.	Name	In XRE enthalten
1	09057-26	XR 4.0 X-ray Leuchtschirm	x
2	09005-00	Zählrohr Typ B	
3	frei	z. B. 14608-00 Datenkabel USB Steckertyp A/B	x
4		Inbus-Schlüssel	x
5	09057-15	XR 4.0 X-ray Adapter für Digitalkamera	
6	09057-21	XR 4.0 X-ray externe optische Bank	
7	08286-00	Reiter für optische Profilbank	x
8	09057-29	XR 4.0 X-ray Reiter für externe optische Bank	
9	08286-01	Reiter für optische Profilbank, h = 30 mm	x
10	09058-04	XR 4.0 X-ray Comptonzusatz für 35 kV Röntgengerät	
11	08286-01	Reiter für optische Profilbank, h = 30 mm	x
12	09057-01	XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 1 mm	
	09057-02	XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 2 mm	
	09057-03	XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 5 mm	
	09056-03	XR 4.0 X-ray Blendentubus mit Ni-Folie	
	09058-03	XR 4.0 X-ray Blendentubus mit Zr-Folie	
13	09058-30	XR 4.0 X-ray Röntgenenergiedetektor (XRED)	
14	09058-11	XR 4.0 X-ray Kristallhalter für Laue-Aufnahmen	
15	09056-05	XR 4.0 X-ray Lithiumfluorid-Einkristall im Halter (LiF)	
	09056-01	XR 4.0 X-ray Kaliumbromid-Einkristall im Halter (KBr)	
16	09824-00	Tisch mit Stiel	x
17	09058-02	XR 4.0 X-ray Universal Kristallhalter für Röntgengerät	





XR 4.0 X-ray Einschub mit Kupfer/Molybdän/Eisen/Wolfram-Röntgenröhre

09057-50
09057-60
09057-70
09057-80

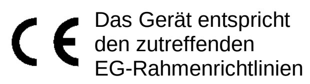
PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de



Abb. 1: 09057-50, 09057-60, 09057-70, 09057-80

Betriebsanleitung



Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien

INHALTSVERZEICHNIS

1 SICHERHEITSHINWEISE



- Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig und vollständig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den vorgesehenen Zweck.
- Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.
- Die Lüftungsschlitze der Versuchsanordnung dürfen nicht abgedeckt werden.
- Das Gerät nicht öffnen.
- Keine anderen Geräte als die vorgesehenen an das Gerät anschließen.
- Achten Sie darauf, dass keine Flüssigkeiten oder Gegenstände in die Lüftungsschlitze des Gerätes gelangen.
- Das Gerät ist am Ende der Benutzung abzuschalten, ein Dauerbetrieb ist nicht zulässig. Maximal empfohlene Betriebsdauer pro Tag sind 10 Stunden. Eine Überschreitung der Betriebsdauer bedingt kein Sicherheitsrisiko, kann jedoch die Lebensdauer der Röntgenröhre negativ beeinflussen.



- Wird ein Röhreneinschub ausgebaut, der gerade betrieben wurde, so können Teile der innenliegenden Röhre heiß sein.

2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Justierte Cu-Röntgenröhre in Stahlblechgehäuse mit Traggriff zum betriebsbereiten Einsatz in Röntgengrundgerät XR 4.0 expert unit.

- justierte Röhren mit Schnellwechseltechnik
- Berührungsschutz vor heißen Teilen
- Gehäuse mit Klinkensperre und 2 Sicherheitskontaktstiften, die nur bei korrektem Einbau des Einschubs den Röhrenbetrieb freigeben.

3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

Es stehen wahlweise folgende, vollkonfektionierte Einschübe zur Verfügung:

- Einschub mit Cu-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-50
- Einschub mit Mo-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-60
- Einschub mit Fe-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-70
- Einschub mit W-Röntgenröhre Best.-Nr. 09057-80

(Wellenlängen und Energien der jeweiligen charakteristischen Röntgenlinien s. technische Daten und Anhang). Die Einschübe bestehen jeweils aus einem Stahlblechgehäuse mit einer werksseitig justiert eingebauten Röntgenröhre. Um eine schädliche Überhitzung während ihres Betriebs zu vermeiden, sind die Röhren von einem Zylinder aus Duranglas umschlossen, durch dessen seitlichen Ansatzstutzen eine zwangsgeführte Luftkühlung mit Hilfe des Ventilators im Grundgerät gewährleistet ist.
Die Einschübe besitzen jeweils einen HV-Stecker sowie einen Stecker für die Röhrenkathodenheizung zur Übernahme der Röhrenbetriebsgrößen aus den entsprechenden Steckbuchsen des Grundgerätes. Zwei seitlich angebrachte Metallstifte (*1*) betätigen erst bei korrektem Einsetzen eines Einschubs die entsprechenden Sicherheitsmikroschalter des Röhrenschachtes.

4 BETRIEBSHINWEISE

Erste Inbetriebnahme:



Zur ersten Inbetriebnahme sollten Röntgenröhren nicht sofort mit maximaler Leistung betrieben werden. Zum Einlaufen der Röhren ist zu empfehlen, diese für eine Dauer von ca. 10 Minuten bei maximalem Strahlstrom aber mit einer Beschleunigungsspannung nicht über 25 kV zu betreiben.
Dieses Verfahren ist auch dann zu wiederholen, wenn eine Röhre über einen Zeitraum von einigen Wochen nicht benutzt worden ist.

5 HANDHABUNG

Einsetzen und Wechsel eines Röntgenröhren-Einschubs:
Vor einem Einschubwechsel ist zuerst der Betrieb der Röntgenröhre zu unterbrechen.
Den Einschubs stets verkantungsfrei ausbauen. Zum Einsetzen eines Einschubs ist dieser mit seinen Führungslaschen in die Führungsschienen des Röhrenschachtes verkantungsfrei einzufügen. Damit alle Steckverbindungen sicheren Kontakt gewährleisten, ist der Einschub bis zum Anschlag einzuschieben.

6 TECHNISCHE DATEN



Abb. 2: Seitenansicht der Röhreneinschübe

- Anodenwinkel 19°
- Max. Betriebswerte 1 mA/35 kV-DC
- Prüfspannung 50 kV
- Maße (26,7x14,8x20,3) cm
- Masse 4,3 kg
- Charakter.Röntgenlinien Kupfer:
  - K-alpha: 8,03 keV; (154,2 pm)
  - K-beta: 8,90 keV; (139,2 pm)
- Charakter.Röntgenlinien Molybdän:
  - K-alpha: 17,4 keV
  - K-beta: 19,6 keV
- Charakter.Röntgenlinien Eisen:
  - K-alpha: 6,40 keV; (194 pm)
  - K-beta: 7,06 keV; (176 pm)
- Charakter. Röntgenlinien Wolfram:
  - Siehe Anhang

7 LIEFERUMFANG

- Incl. Staubschutzhaube

8 ZUBEHÖR

09057-01 XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 1 mm
09057-02 XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 2 mm
09057-03 XR 4.0 X-ray Blendentubus d = 5 mm

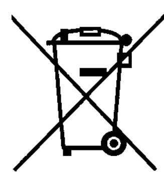
9 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten. Von der Garantie ausgenommen sind: Schäden, die auf Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, unsachgemäße Behandlung oder natürlichen Verschleiß zurückzuführen sind.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

10 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.



Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll). Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es bitte zur fachgerechten Entsorgung an die unten stehende Adresse.

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Abteilung Kundendienst
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-274
Fax +49 (0) 551 604-246

11 ANHANG

Symbole und Sicherheitskennzeichnungen

	Achtung, allgemeine Gefahrenstelle
	Warnung vor heißer Oberfläche

11 ANHANG

Spektrum der Wolfram-Röntgenröhre mit Tabelle

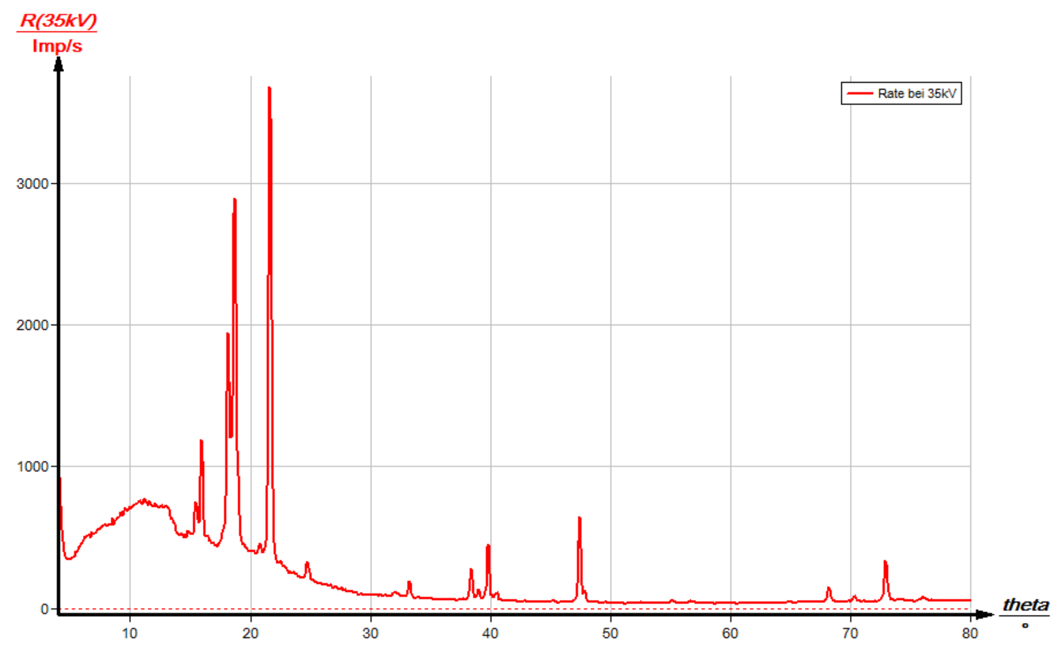


Abb. 3: Die Intensität der W-Röntgenstrahlung als Funktion des Glanzwinkels ϑ; Analysatorkristall: LiF

Line	ϑ / °	n	λ / pm	$E_{exp.}$ / eV	Linie	Übergang	$E_{Lit.}$ / eV
1	14.69	1	102.15	12138	γ_4	L_1O_3	12063
2	15.23	1	105.81	11717	$\gamma_{3/2}$	L_1N_3/L_1N_2	
2	15.23	1	105.81	11717	$\gamma_{3/2}$	L_{1N3}/L_1N_2	
3	15.74	1	109.27	11346	γ_1	L_2N_4	11286
4	16.28	1	112.92	10980	γ_5	L_2N_1	10949
5	17.92	1	123.94	10003	β_2	L_3N_5	9961
6	18.21	1	125.87	9849	β_3	L_1M_3	9818
7	18.47	1	127.61	9716	β_1	L_2M_4	9673
8	18.79	1	129.74	9556	β_4	L_1M_2	9525
9	20.60	1	141.72	8748	η	L_2M_1	8725
10	21.47	1	147.43	8409	$\alpha_{1/2}$	L_3M_5/L_3M_4	
11	22.51	1	154.21	8040	Cu-$K\alpha_{1/2}$		
12	24.57	1	167.49	7402	l	L_3M_1	7387
13	31.80	2	106.13	11682	γ_3	L_1N_3	11674
14	32.01	2	106.76	11613	γ_2	L_1N_2	11608
15	33.03	2	109.79	11294	γ_1	L_2N_4	11286
16	38.12	2	124.33	9972	β_2	L_3N_5	9961
17	38.80	2	126.20	9824	β_3	L_1M_3	9818
18	39.52	2	128.16	9674	β_1	L_2M_4	9673
19	40.24	2	130.10	9529	β_4	L_1M_2	9525
20	47.12	2	147.58	8401	α_1	L_3M_5	8397
21	47.58	2	148.68	8339	α_2	L_3M_4	8335
22	54.88	3	109.71	11300	γ_1	L_2N_4	11286
23	56.47	2	167.88	7385	l	L_3M_1	7387
24	67.90	3	124.28	9976	β_2	L_3N_5	9961
25	70.09	3	126.12	9831	β_3	L_1M_3	9818
26	72.66	3	128.04	9683	β_1	L_2M_4	9673
27	75.79	3	130.03	9535	β_4	L_1M_2	9525

PHYWE excellence in science

XR 4.0 X-ray Goniometer

09057-10

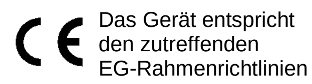
PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de



Abb. 1: 09057-10

Betriebsanleitung


Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien

INHALTSVERZEICHNIS

1 SICHERHEITSHINWEISE



- Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig und vollständig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den vorgesehenen Zweck.
- Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.
- Die Lüftungsschlitze der Versuchsanordnung dürfen nicht abgedeckt werden.
- Die Versuchsanordnung nicht öffnen.
- Keine anderen Geräte als die vorgesehenen an das Gerät anschließen.
- Achten Sie darauf, dass keine Flüssigkeiten oder Gegenstände in die Lüftungsschlitze des Gerätes gelangen.
- Das Goniometer darf nicht während des Betriebes des Röntgengerätes angeschlossen werden
- Es besteht die Gefahr der Zerstörung
- Das Röntgengerät ist vorher auszuschalten

2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Der Goniometerblock besitzt zwei voneinander unabhängig arbeitende Schrittmotoren, mit deren Hilfe der Probenhalter (Kristalle oder Comptonstreukörper) oder der Zählrohrhalter (Geiger-Müller-Zählrohr) jeweils einzeln oder auch gekoppelt in einem Winkelverhältnis von 2:1 gedreht werden können. Der Detektorhalter mit Schlitzblendenträger zur Aufnahme von Absorptionsfolien ist zur Veränderung der Winkelauflösung verschiebbar. Das Goniometer ist selbstkalibrierend.

Plug & measure:

- Automatische Erkennung des Goniometers
- Mit Lichtschrankensystem zur Begrenzung des erlaubten Schwenkbereichs zum Schutz der Detektoren Intuitive Bedienung über direkte Bedienung am Gerät oder über PC

3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

Um den vollen Schwenkbereich von -10° bis +170° des Zählrohrhalters ausnutzen zu können, empfehlen wir den Einsatz des Geiger-Müller-Zählrohres Typ B (Best.-Nr. 09005-00). Das Zählrohr wird in den verschiebbaren Zählrohrhalter (***1***) auf Anschlag eingesetzt und mit der Rändelschraube (***2***) in diesem fixiert.
Die Rändelschraube (***3***) des Halters dient zu dessen Arretierung auf seinen Führungsstangen. Der Zählrohrhalter ist mit einem Schlitzblendenträger (***4***) ausgestattet, der bis zum Anschlag in seine Führung eingeschoben wird. In die Schlitzblende können auch Absorptionsfolien (Best.-Nr. 09056-02) eingesetzt werden.
Durch Verschieben des Zählrohrhalters auf seinen Führungsschienen (5) kann bei Bedarf die Winkelauflösung variiert werden. So erhält man eine maximale Winkelauflösung, wenn der Zählrohrhalter sich an seinem rechten Endanschlag befindet.
Mit Hilfe der Skala (6) kann der Winkel des Detektors direkt abgelesen werden. In der Mitte der Goniometer-Achse befinden sich Steckverbindungen (7) zur Befestigung des Universal-Kristallhalters (09058-02) oder der vormontierten Kristalle (09056-01 und 09056-05).
Auch der komplette Goniometerblock kann in horizontaler Richtung verschoben werden. Mit der Rändelschraube (8) kann er fixiert werden. Steht der Goniometerblock äußerst rechts, beträgt der maximale Schwenkbereich des Zählrohrhalters 170°, steht der Block äußerst links, kann der Zählrohrhalter nur noch bis ca. 102° geschwenkt werden.
Je nach Zwischenstellung des Goniometerblocks betragen die Schwenkbereiche maximal ca. 135°, ca. 120° und ca. 112°, die auch im Automatikbetrieb bei versehentlich grösser gewählten Endwinkeln nicht überschritten werden. Diese Beschränkung der Schwenkbereiche bewirkt ein Lichtschrankensystem im Inneren des Goniometerblocks, sodass ein Anschlagen des Zählrohrs an die Innenwand des Gehäuses unterbunden wird.

4 BETRIEBSHINWEISE

ACHTUNG:

Sofern sich das Goniometer im Röntgengerät befindet, sollte der Aufbau nicht bewegt werden. Das Goniometer muss zum Transport des Röntgengeräts stets ausgebaut sein und getrennt transportiert werden.
Das Goniometer lässt sich nur bedienen, wenn die Schiebetür verriegelt ist!

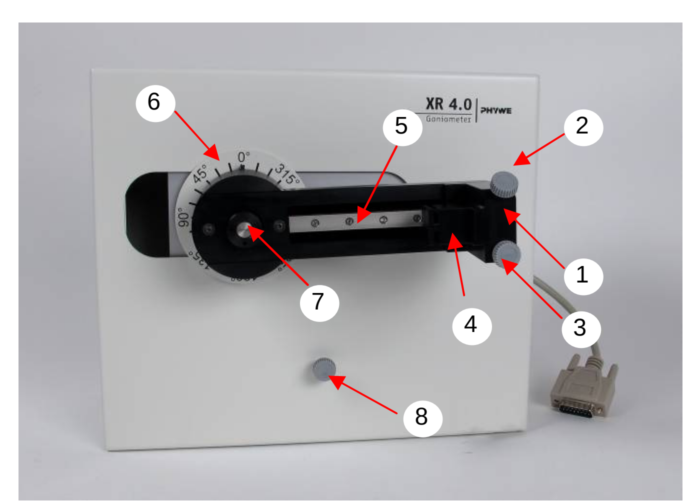


Abb. 2: Frontansicht des Goniometers

5 HANDHABUNG

Dieser Abschnitt beschreibt die Inbetriebnahme des Goniometers 09057-10 und vermittelt einen Überblick über die Handhabung desselben. Bitte lesen Sie diesen Abschnitt sorgfältig durch, um Misserfolge oder Fehlbedienungen zu vermeiden.
Das Goniometer lässt sich nur bedienen, wenn die Schiebetür verriegelt ist!

5.1 Einbau des Goniometers

- Das Goniometer darf nicht während des Betriebes des Röntgengerätes angeschlossen werden
- Es besteht die Gefahr der Zerstörung
- Das Röntgengerät ist vorher auszuschalten

Das Goniometer wird mit Hilfe von zwei Magnetstreifen, die sich an der Rückseite des Geräts befinden, im Röntgengerät (09057-99) befestigt. Es sollte sich in der äußersten linken hinteren Ecke befinden.

Das Goniometer wird mit Hilfe des fest montierten Datenkabels über die Buchse mit der Beschriftung „Goniometer“ im Innenraum des Röntgengeräts mit dem Gerät verbunden.



5.2 Goniometer-Modus aktivieren

Wählen Sie mittels der Taste unter der Display-Anzeige „Menü“ das Menü an (siehe Abb. 3). Mit Hilfe der Pfeiltasten suchen Sie nun „Goniometer“ aus und im Goniometer-Menü „Mode“ und bestätigen Sie Ihre Auswahl jeweils mit „enter“. Im Kapitel Mode „on“ auswählen und ebenfalls mit „enter“ bestätigen.





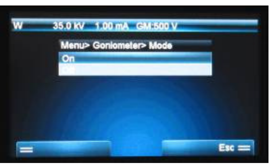


Abb. 3: Aktivieren des Goniometer-Modes





Abb. 4: oben: gekoppelter Modus, links: Detektor drehen, rechts: Kristall drehen.

5.3 Manueller Betrieb

Drehung des Probenhalters oder des Zählrohrhalters jeweils allein:
Auf dem Display werden, sofern der Goniometer-Mode aktiviert ist (siehe Kapitel 5.1), der aktuelle Zählrohr- und Goniometer-Winkel angezeigt.
Durch Drücken der „enter“-Taste wählt man aus, ob Kristall oder Detektor bewegt werden sollen, oder beide gleichzeitig im gekoppelten Modus.
Dementsprechend sind entweder beide Symbole gleichzeitig oder nur einer der beiden hell hervorgehoben (Abb. 4).

5.4 Übersicht Goniometer-Menü

Menüpunkt	Funktion
Parameter	Parameter für ein Experiment ändern → Siehe Kapitel 5.5
Mode	Goniometer-Mode aktivieren/ausschalten
Auf Null setzen	Die aktuelle Position von Kristall und Detektor als Null definieren („tarieren“) → Siehe Kapitel 5.7.2
Reset to defaults	Die aktuelle Position von Kristall und Detektor wieder basierend auf der Werkseinstellung definieren
Autokalibrierung	→ Siehe Kapitel 5.7.1



Abb. 5: Parameter-Menü für das Goniometer

5.5 Automatischer Betrieb

Wählen Sie mittels der Taste unter der Display-Anzeige „Menü“ das Menü an. Mit Hilfe der Pfeiltasten suchen Sie nun „Goniometer“ aus und im Goniometer-Menü „Parameter“ und bestätigen Sie Ihre Auswahl jeweils mit „enter“. Zur Änderung der Parameter (Abb. 5) drücken Sie nun die Taste unter der Disply-Anzeige „Modify“ und wählen Sie mit Hilfe der „enter“-Taste die verschiedenen Parameter an. Sie verändern die Werte jeweils mit Hilfe der Pfeiltasten rechts neben dem Display. Wenn Sie die Taste „redo“ drücken, können Sie sich erneut durch die Parameter bewegen. Bestätigen Sie Ihre Auswahl am Ende mit „enter“ und bestätigen Sie den folgenden Dialog mit „on“. Drücken Sie nun die Taste unter der Display-Anzeige „start“ um das Experiment zu starten. Sie können es anhalten, indem Sie die Taste unter der Display-anzeige „halt“ drücken. Indem Sie nun weiterhin „esc“ bestätigen, brechen Sie das Experiment vollständig ab.

Parameter:

- Scan-Type Einstellung des Mess-Modus, 3 Optionen wählbar:

 Gekoppelter Modus

 Fester Detektor, Kristall wird bewegt

 Fester Kristall, Detektor wird bewegt:

- Weitere Parameter

 Kristallwinkel Start/Stopp

 Detektorwinkel Start (wird automatisch auf 2 x Kristall-Startwinkel gesetzt, kann aber verändert werden)

Außerdem: Schrittweite und Integrationszeit.

5.6 Betrieb mit Hilfe der Software

Die Bedienung des Goniometers mit Hilfe der Software entnehmen Sie bitte der entsprechenden Hilfe-Funktion in der Software. Das Goniometer kann nur in Verbindung mit dem XR 4.0 Röntgengerät 09057-99 mit einem Computer verbunden werden.

5.7 Nachjustierung der Goniometereinheit

In seltenen Fällen können Analysatorkristalle eine um einige 1/10° von der kristallographischen Hauptachse abweichende Fehlorientierung haben, sodass die charakteristischen Röntgenlinien nicht bei den theoretisch zu erwartenden Glanzwinkeln zu finden sind. Dieser Fehler kann entweder mit der Funktion Autokalibrierung oder manuell korrigiert werden:

5.7.1. Autokalibrierung:

Das Anodenmaterial der Röntgenröhre wird automatisch erkannt, der Kristall muss manuell unter „Menü“, „Goniometer“, „Parameter“ eingestellt werden (siehe Kapitel 5.5).
Wählen Sie „Menü“, „Goniometer“, „Autokalibrierung“. Nun ermittelt das Gerät die optimale Stellung von Kristall und Goniometer zueinander und im Anschluss die Position des Peaks. Die entsprechenden Kalibrierkurven werden auf dem Display angezeigt.
Die neukonfigurierte Nulllage des Goniometersystems bleibt auch nach Abschalten des Röntgengerätes erhalten.

5.7.2. manuelle Kalibrierung

Zur manuellen Kalibrierung ist der Analysatorkristall manuell in die theoretische Glanzwinkelposition ϑ zu bringen (entsprechend das Zählrohr auf 2ϑ). Durch iteratives Drehen von Kristall und Zählrohr um wenige ±1/10° um diese Winkellagen ist nun das Intensitätsmaximum der Linie aufzusuchen. Danach werden im gekoppelten Modus der Kristall und Detektor um den jeweiligen Fehlbetrag korrigiert in Nulllage gebracht, die anschließend mit „Menü“, „Goniometer“ und dann „Set to zero“ bestätigt werden muss.
Beispiel:
Falls die Lage von Detektor und Kristall zueinander nicht optimal war, wird nach der oben beschriebenen Optimierung im gekoppelten Modus einer der beiden in die Nulllage gedreht. Der andere wird nun nicht auf Null stehen sondern etwas darüber oder darunter. Nun wählen Sie (Im gekoppelten Modus!) „Menü“, „Goniometer“ und dann „Set to zero“. Im Display erscheint 0,0 für beide Werte.

Liegt das Intensitätsmaximum einer charakteristischen Röntgenlinie nur um $\Delta\vartheta$ = ±0.X° über/unter dem theoret. Glanzwinkelwert wird einfach die bisherige Nulllage um ±0.X° korrigiert und dann wie oben beschrieben mit „Set to zero“ kalibriert.
Die neukonfigurierte Nulllage des Goniometersystems bleibt auch nach Abschalten des Röntgengerätes erhalten.

6 TECHNISCHE DATEN

- Winkelschrittweite: 0,1°...10°
- Geschwindigkeit: 0,5...100 s/Schritt
- Drehbereich Probe: 0...360°
- Drehbereich Detektor: -10°...+170°
- Maße (cm): 35 x 30 x 20
- Masse (kg): 5

7 LIEFERUMFANG

- Inkl. Schlitzblende für GM-Zählrohr
- Betriebsanleitung

8 ZUBEHÖR

09056-01 XR 4.0 X-ray Kaliumbromid-Einkristall im Halter
09056-05 XR 4.0 X-ray Lithiumfluorid-Einkristall im Halter
09058-02 XR 4.0 X-ray Universal Kristallhalter
09058-04 XR 4.0 X-ray Comptonzusatz
09058-09 XR 4.0 X-ray Probenhalter für Pulverproben
09058-30 XR 4.0 X-ray Röntgenenergiedetektor (XRED)

9 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten. Von der Garantie ausgenommen sind: Schäden, die auf Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, unsachgemäße Behandlung oder natürlichen Verschleiß zurückzuführen sind.
Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

10 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.

Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll). Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es bitte zur fachgerechten Entsorgung an die unten stehende Adresse.

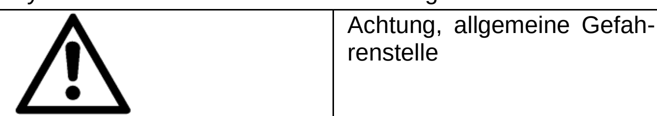


PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Abteilung Kundendienst
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-274
Fax +49 (0) 551 604-246

ANHANG

Symbole und Sicherheitskennzeichnungen

	Achtung, allgemeine Gefahrenstelle



Zählrohr Typ B

09005.00

Betriebsanleitung



1 ZWECK UND BESCHREIBUNG

Das Zählrohr Typ B ist ein selbstlöschendes Halogenzählrohr zum Nachweis von α-, β-und γ-Strahlung. Ein langes Plateau (ca. 425...650 V) mit geringem Anstieg macht die Wahl des Arbeitspunktes unkritisch.

Das eigentliche Zählrohr, das in einen Metallzylinder mit festem BNC-Anschlußkabel montiert ist, besitzt einen dünnwandigen, für γ-Strahlung durchlässigen Metallmantel. Zur Registrierung von α-Teilchen sowie von energiearmen β-Teilchen, die den Zählrohrmantel nicht durchdringen können, dient das Glimmerfenster an der Stirnseite des Zählrohrs. Wegen seiner Empfindlichkeit gegen mechanische Beanspruchung ist das Glimmerfenster durch eine bei Bedarf abnehmbare Kunststoffkappe geschützt. Der axiale Zähldraht des Zählrohrs ist über einen 10-MΩ-Widerstand mit dem zentralen Leiter und der Zählrohrmantel mit dem Außenleiter des BNC-Kabels verbunden.

2 HANDHABUNG

Zum Betrieb wird das Zählrohrkabel direkt mit der Zählrohr-Eingangsbuchse des verwendeten Zählgerätes verbunden. Geeignet sind Zählgeräte (siehe Geräteliste), an deren Zählrohr-Eingangsbuchse die Zählrohrbetriebsspannung (Empfehlung + 500 V –) bereitgestellt wird.

Zur sicheren Halterung empfehlen wir den Halterungssatz zur Radioaktivität 09053.77 oder den Experimentiersatz zur Kernphysik 09053.88.

Achtung: Das sehr dünnwandige Glimmerfenster ist äußerst vorsichtig zu behandeln und darf auf keinen Fall berührt werden. Bei Nichtgebrauch soll stets die Schutzkappe aus Kunststoff aufgesetzt werden. Die Kappe braucht zur Messung von γ-Strahlung sowie energiereicher β-Strahlung nicht abgenommen zu werden. Der äußere Luftdruck soll 320 mbar nicht unterschreiten und den normalen atmosphärischen Druck nicht überschreiten. Beim Aufstecken der Kappe muß die zentrale Bohrung offen bleiben, um einen Druckausgleich zu ermöglichen.

3 TECHNISCHE DATEN

Typ	Auslösezählrohr, selbstlöschend
Nachweisbare Strahlenarten	α, β, γ
Löschsubstanz	Halogen
Massenbelegung	
Mantel	250 mg/cm^2
Fenster	2...3 mg/cm^2
Arbeitsspannung	500 V
Plateaulänge	> 200 V
Plateauanstieg	0,04 %/V
Totzeit	ca. 100 µs
Nulleffekt	ca. 15 Imp/min
Betriebslebensdauer	> 10^{10} Imp

4 GERÄTELISTE

Wir empfehlen u.a. die folgenden Zählgeräte zum Betrieb des Zählrohres 09005.00:

Geiger-Müller-Zählgerät	09028.00
Digitalzähler, 4 Dekaden	13600.93
Digitalzähler, 6 Dekaden	13603.93
Impulsratenmesser	13622.93
COBRA-Interface	12100.93
Meßmodul GM-Zählrohr	12106.00
COMEX-Grundgerät	12000.93
COMEX-Zähler-Einschub	12004.00



XR 4.0 X-ray KBr-Kristall
XR 4.0 X-ray LiF-Kristall
XR 4.0 X-ray NaCl-Kristalle

09056-01
09056-05
09058-01

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de

Betriebsanleitung

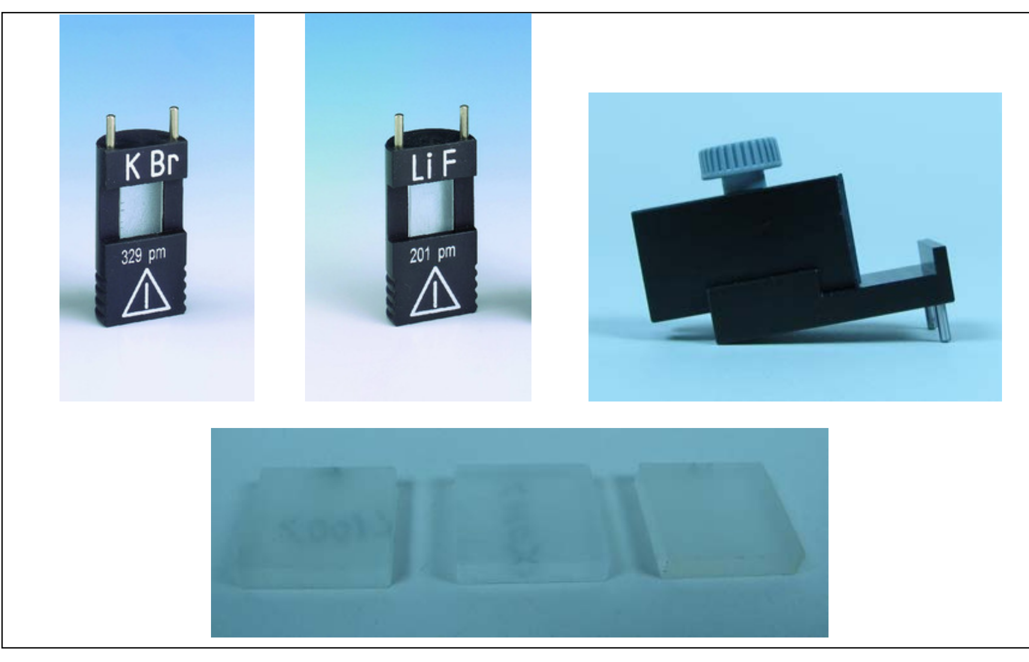


Abb. 1: 09056-01 KBr-Kristall, 09056-05 LiF-Kristall, 09058-02 Universalkristallhalter, 09058-01 NaCl-Kristalle

INHALTSVERZEICHNIS

1 SICHERHEITSHINWEISE



Achtung!

- Optisch polierte Fenster aus Alkalihalegonid-Einkristallen (LiF, KBr, KCl, NaCl, CsJ, u.a.) sind im Vergleich zu Glas sehr empfindlich und vor Feuchtigkeit zu schützen, da sie wasserlöslich (jedoch nicht hygroskopisch) sind. Zur dauerhaften Aufbewahrung ist ein Exsikkator (z. B. 34126-00) mit Trockenmittel zu verwenden.
- Sie dürfen nur von fachkundigem Personal aus den luftdicht verschlossenen Behältern genommen werden. Erst auspacken, wenn der Inhalt mindestens Raumtemperatur erreicht hat.

2 KALIBRIERUNG

Die genannten Kristalle werden zusammen mit der Goniometereinheit 09057-10 und dem Röntgengerät 09057-99 betrieben.
In seltenen Fällen können Analysatorkristalle eine um einige 1/10° von der kristallographischen Hauptachse abweichende Fehlorientierung haben, sodass die charakteristischen Röntgenlinien nicht bei den theoretisch zu erwartenden Glanzwinkeln zu finden sind. Dies betrifft insbesondere die Natriumchlorid-Kristalle mit der Orientierung 110 und 111. Dieser Fehler kann entweder mit der Funktion Autokalibrierung oder manuell korrigiert werden:

2.1 Autokalibrierung

Das Anodenmaterial der Röntgenröhre wird automatisch erkannt, der Kristall muss manuell unter „Menü", „Goniometer", „Parameter" eingestellt werden.
Wählen Sie „Menü", „Goniometer", „Autokalibrierung". Nun ermittelt das Gerät die optimale Stellung von Kristall und Goniometer zueinander und im Anschluss die Position des Peaks. Die entsprechenden Kalibrierkurven werden auf dem Display angezeigt.
Die neukonfigurierte Nulllage des Goniometersystems bleibt auch nach Abschalten des Röntgengerätes erhalten.

2.1 Manuelle Kalibrierung

In seltenen Fällen kann es passieren, dass die Autokalibrierung nicht das gewünschte Ergebnis bringt. Dann kann auch manuell kalibriert werden. Dafür wird der Analysatorkristall manuell in die theoretische Glanzwinkelposition ϑ gebracht (entsprechend das Zählrohr auf 2ϑ). Durch iteratives Drehen von Kristall und Zählrohr um wenige ±1/10° um diese Winkellagen ist nun das Intensitätsmaximum der Linie aufzusuchen. Danach werden im gekoppelten Modus der Kristall und Detektor um den jeweiligen Fehlbetrag korrigiert in Nulllage gebracht, die anschließend mit „Menü", „Goniometer" und dann „Set to zero" bestätigt werden muss.

Beispiel:

Falls die Lage von Detektor und Kristall zueinander nicht optimal war, wird nach der oben beschriebenen Optimierung im gekoppelten Modus einer der beiden in die Nulllage gedreht. Der andere wird nun nicht auf Null stehen sondern etwas darüber oder darunter. Nun wählen Sie (Im gekoppelten Modus!) „Menü", „Goniometer" und dann „Set to zero". Im Display erscheint 0,0 für beide Werte.

Liegt das Intensitätsmaximum einer charakteristischen Röntgenlinie nur um $\Delta\vartheta$ = ±0.X° über/unter dem theoret. Glanzwinkelwert wird einfach die bisherige Nulllage um ±0.X° korrigiert und dann wie oben beschrieben mit „Set to zero" kalibriert.

Die neukonfigurierte Nulllage des Goniometersystems bleibt auch nach Abschalten des Röntgengerätes erhalten.

Related Topics

X-ray tube, bremsstrahlung, characteristic radiation, energy levels, crystal structures, lattice constant, absorption, absorption edges, interference, the Bragg equation, order of interference.

Principle

The x-rays generated by an x-ray tube with a tungsten anode are analysed as a function of the Bragg angle with the aid of an LiF monocrystal and recorded with a Geiger-Müller counter tube. The glancing angle values of the characteristic x-ray lines of various diffraction orders are taken in order to determine the energy of the lines. Since the maximum available primary radiation energy of 35 keV is insufficient for exciting the K-level (69.5 keV) of the tungsten atom, only characteristic L-lines can be observed. These lines are then assigned to the corresponding transitions while taking into the account the quantum-mechanical selection rules.

Equipment

1	XR 4.0 expert unit 35kV	09057-99
1	X-ray Goniometer for X-ray unit, 35 kV	09057-10
1	X-ray Plug-in module with W X-ray tube	09057-80
1	Counter tube, type B	09005-00
1	X-ray Lithium fluoride crystal, mounted	09056-05
1	vdiaphragm tube d = 2 mm	09057-02
1	XR measure 4.0 software	14414-61
1	USB Data cable USB, plug type A/B	14608-00

PC, Windows® XP or higher

This experiment is included in the upgrade packages: XRS 4.0 X-ray structural analysis, XRP 4.0 X-ray Solid state physics and XRC 4.0 X-ray characteristics.



Fig. 1: XR 4.0 expert unit 09057-99

Tasks

1. Record the intensity of the X-rays emitted by the copper anode as a function of the Bragg angle using a LiF monocrystal as analyzer.
2. Calculate the energy values of the characteristic copper lines and compare them with the energy differences of the tungsten energy terms. Assigned them to the corresponding transitions taking into account the quantum-mechanical selection rules.

Set-up

Connect the goniometer and the counter tube to the appropriate sockets in the experimenting area (see red marking in Fig 2). Fix a diaphragm tube in the X-ray outlet tube (2 mm tube diameter). Set the goniometer block with mounted analyzing crystal to the right position and the counter tube to the right stop. Do not forget to install the diaphragm of the GM-tube (See Fig. 3a).



Fig. 2: Connections in the experimentation area

Note

For more information about the X-ray expert unit, the Goniometer and how to handle the crystals please refer to the manuals.

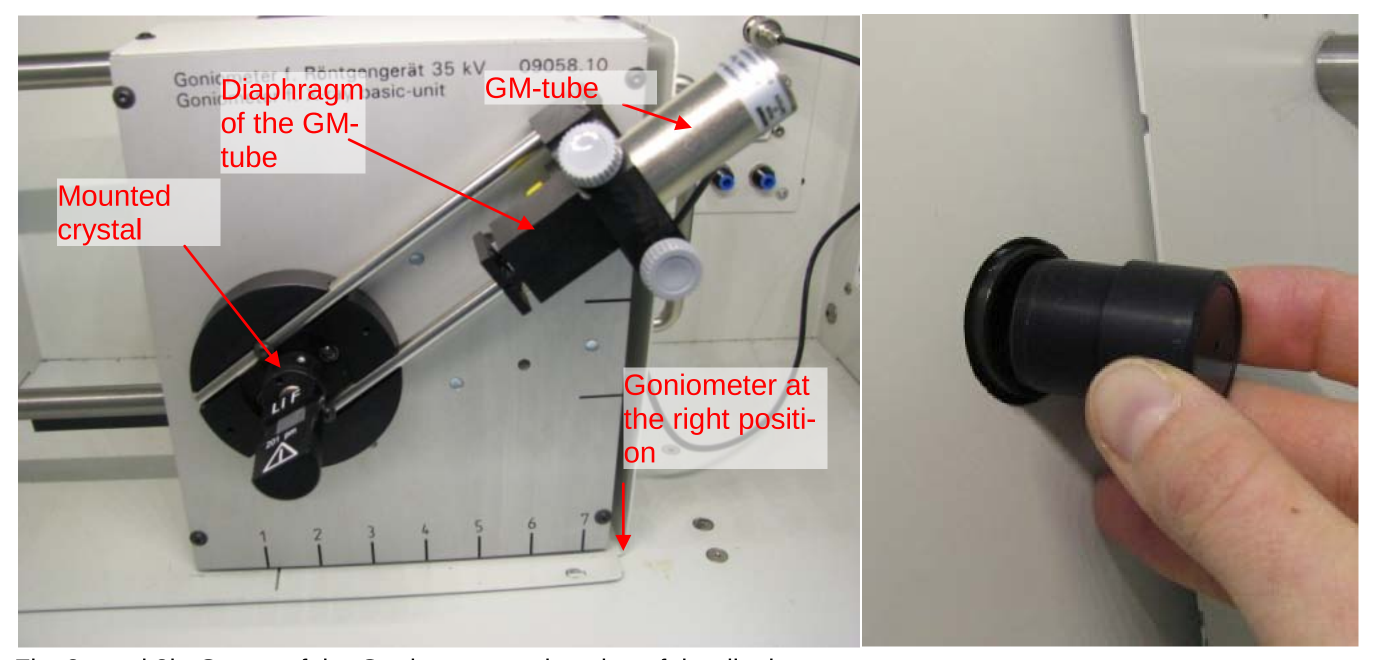
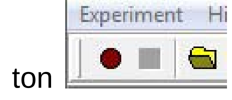
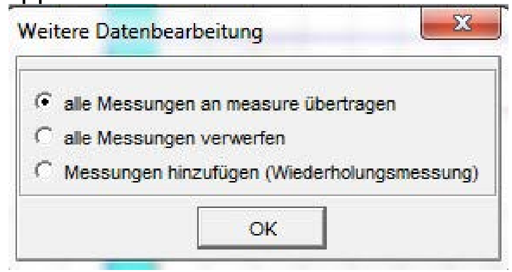


Fig. 3a and 3b: Set-up of the Goniometer and setting of the diaphragm.

Procedure

- Connect the X-ray unit via USB cable to the USB port of your computer (see red marking in Fig. 4).
- Start the program “measure”.
- The X-ray device appears on the screen (see Fig 5).
- Click on the experimentation area to adjust the parameters for your experiment. Select the parameters as shown in Fig. 6: scanning range 4°-80°.
- Click on the x-ray tube to adjust the parameters for the voltage and current of anode. Select the parameters as shown in Fig. 7.
- Start the measurement clicking on the red button 

- After the measurement, the following window appears:



- Select the first item and approve with OK. The data is now transferred directly to the software „measure“.
- At the end of this manual a short introduction to the evaluation of data using the program “measure” is given.

Note: Never expose the counter tube to primary radiation for a longer length of time.



Fig. 4: Connection to the computer



Fig. 5: A part of the graphical user interface of the "X-ray Device"-software

The following settings are recommended for the recording of the spectra:

- auto and coupling mode
- gate time 5-6 s; angle step width 0.1°
- scanning range 4°-80°
- anode voltage U_A = 35 kV; anode current I_A = 1 mA

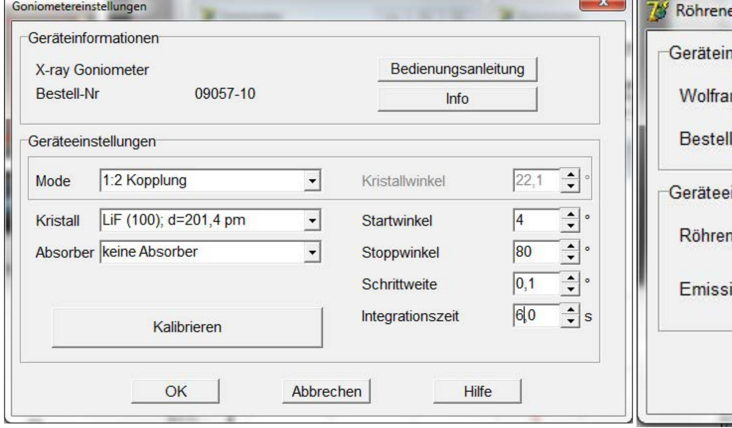


Fig 6: Measuring parameters of the Goniometer

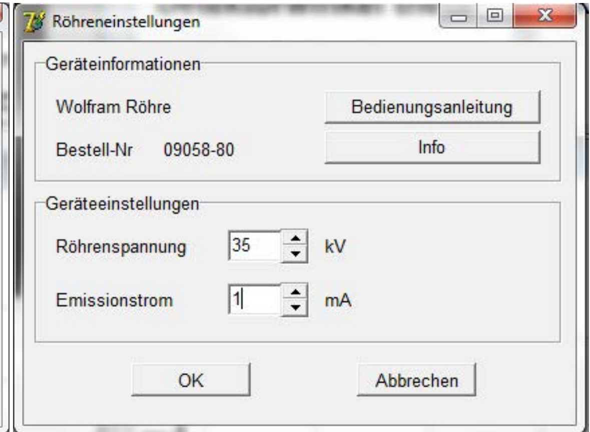


Fig 7: Measuring parameters of anode voltage and current



Theory and evaluation

When electrons hit the metallic anode of the x-ray tube with a high kinetic energy, x-rays with a continuous energy distribution (bremsstrahlung) are generated. The bremstrahlung is superimposed by additional discrete lines. If an atom of the anode material is ionised, for example, in a deeper shell by an electron impact, an electron from a higher shell can take the now free place while emitting inter alia an x-ray quantum. The energy of this x-ray quantum corresponds to the energy difference of the two levels that are involved in this process. Since the energy difference is atom-specific, the radiation that is generated by this process is also called the characteristic x-radiation.

When an x-ray with the wavelength λ hits the group of lattice planes of a monocrystal at the glancing angle ϑ, the rays that are reflected by the lattice planes only interfere in a constructive manner, if their path difference Δ corresponds to an integer of the wavelength (see Fig. 8). This condition is represented by the socalled Bragg's law:

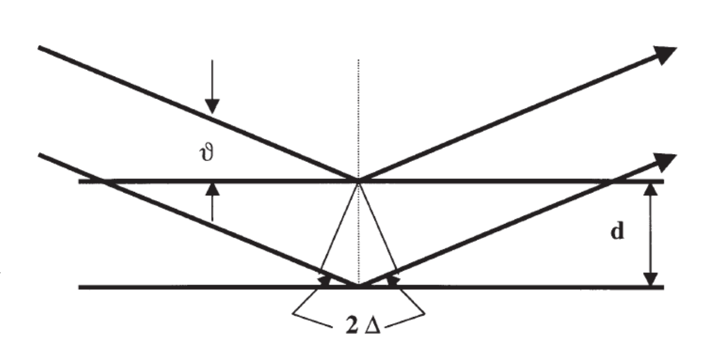


Fig. 8: Bragg scattering on the lattice planes

$$2d \sin \vartheta = n\lambda \qquad (1)$$

(d = interplanar spacing; n = 1, 2, 3,..)

If the interplanar spacing d is known, the wavelength λ can be determined based on the glancing angle ϑ. The energy E of the radiation then results from:

$$E = h \cdot f = \frac{hc}{\lambda} \qquad (2)$$

(1) and (2) finally leads to:

$$E = \frac{n \cdot h \cdot c}{2d \sin \vartheta} \qquad (3)$$

Planck's constant	h	$= 6.6256 \cdot 10^{-34}$ Js
Speed of light	c	$= 2.9979 \cdot 10^{8}$ m/s
Interplanar spacing LiF (200)	d	$= 2.014 \cdot 10^{-10}$ m
Equivalent	1 eV	$= 1.6021 \cdot 10^{-19}$ J

Figure 9 shows the energy level diagram of the tungsten atom. Since the energy of the K-shell is approximately 70 keV, the maximum available energy of the primary beam of the x-ray unit of 35 keV is insufficient for exciting the K-shell. An ionization is only possible for the L-level.

For clarity, Figure 9 shows the L-transitions for the dipole radition (see 4) that are possible in accordance with the quantummechanical selection rules only up to the N-shell. The quadrupole radiation with a much lower intensity can be neglected.

$$\Delta l = \pm 1 \text{ and } \Delta j = 0, \pm 1 \text{ selection rules for the dipole radiation} \qquad (4)$$

(l = orbital angular momentum, j = total angular momentum)

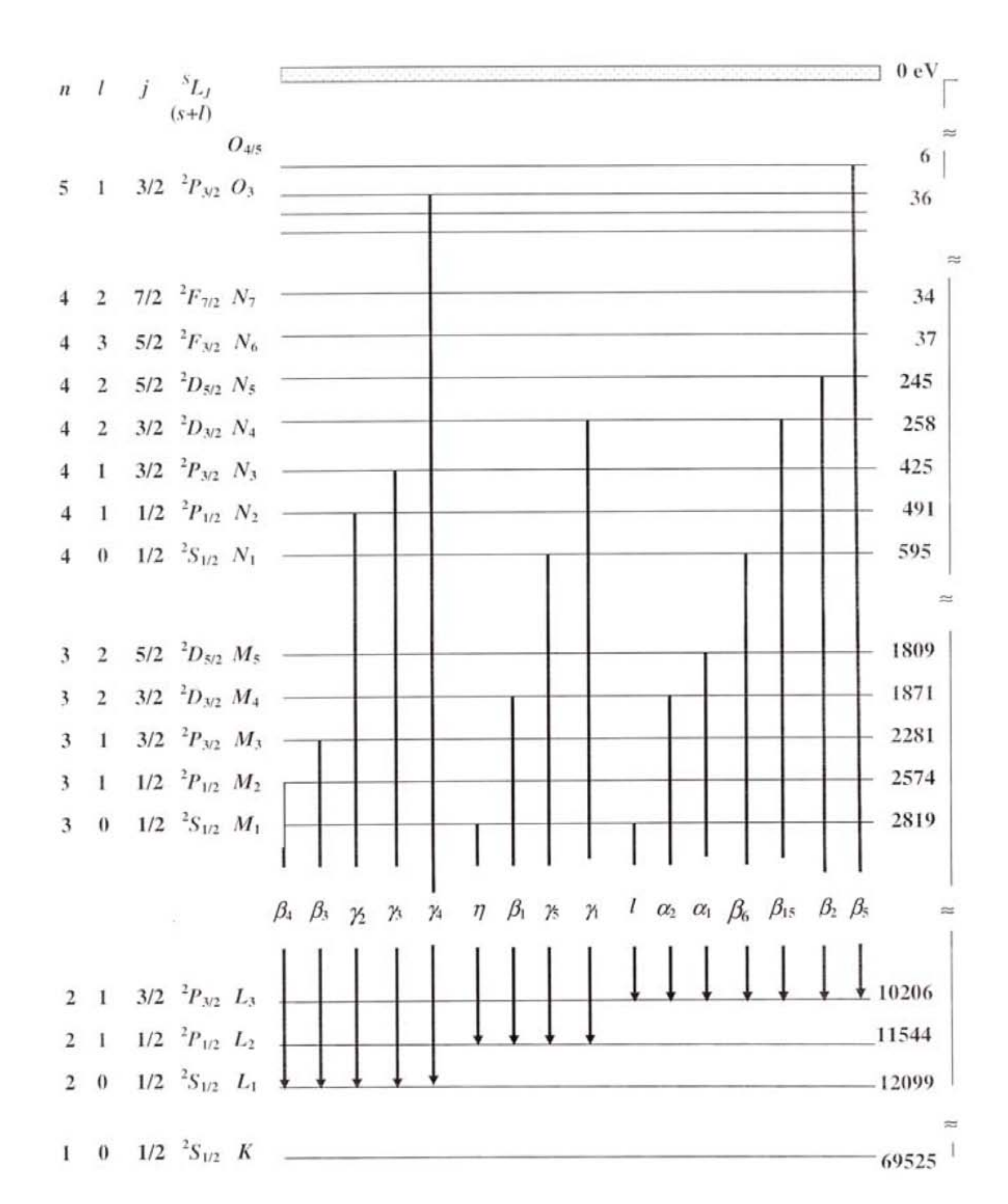


Fig. 9: Schematic representation of the energy level of tungsten (Z = 74)

Task 1: Record the intensity of the X-rays emitted by the copper anode as a function of the Bragg angle using a LiF monocrystal as analyzer.

Figure 10 shows the x-ray spectrum of tungsten that has been analysed with a LiF monocrystal. The continuous bremsstrahlung spectrum is superimposed by clearly defined characteristic lines. The glancing angle position of these lines remains the same when the anode voltage varies.

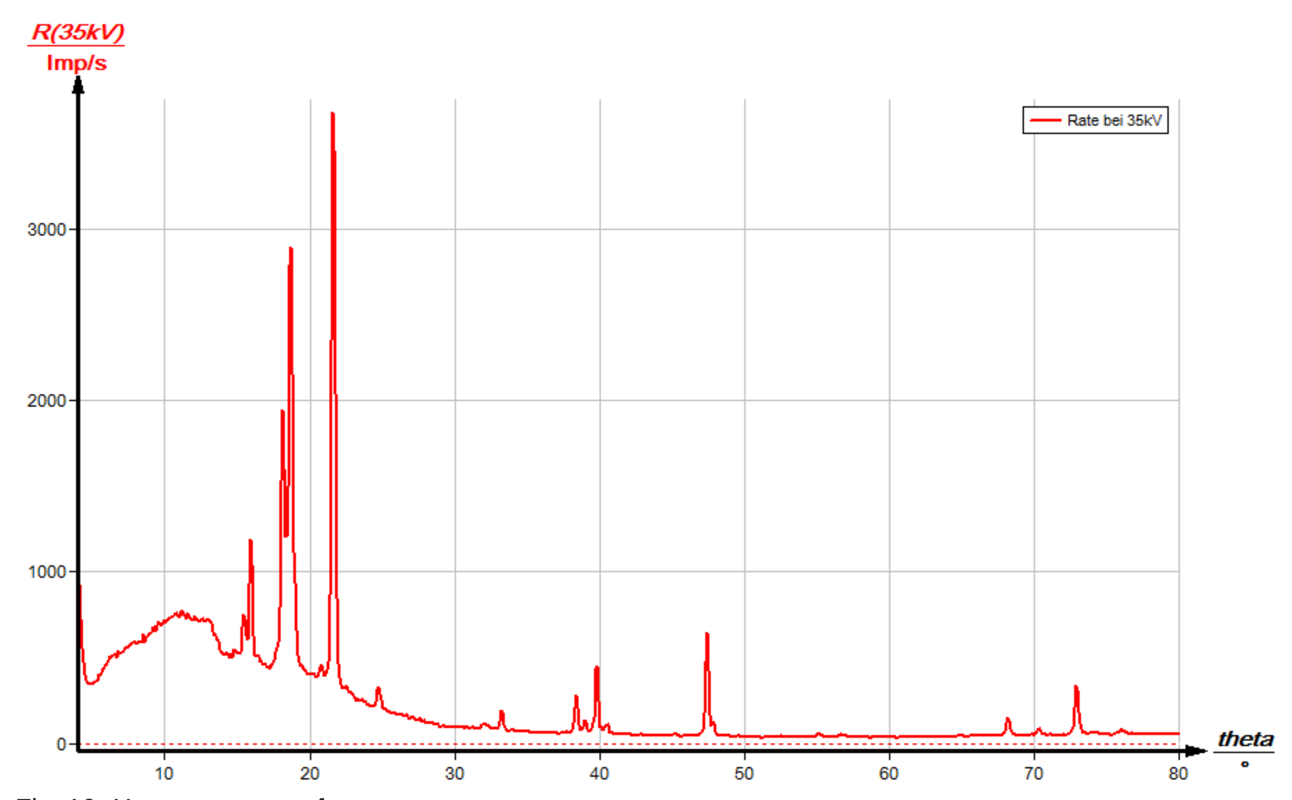


Fig. 10: X-ray spectrum of tungsten

Since many of the lines are rather close to each other, they should be displayed separately and their angular position should be determined precisely with two decimal places. To do so, proceed as follows:

- Expand the curve areas (see Fig. 5) with the “Zoom function“.
- ”i = Information“ – ”x-Data“ –“decimal places = 2“ – ”o.k.“.
- Click “Survey” and use the moveable measuring lines 1 or 2 to find the middle of the x-ray lines.

In Figure 11a and 11b, the total spectrum has been devided and represented more clearly with the aid of the zoom function of the software in order to separate closely neighbouring lines and to emphasize lines of low intensity. A total of 27 lines can be distinguished.

The evaluation (see the table) shows that there are only firstorder defraction lines (n = 1) in the angular range of 10° < ϑ < 30°, in which those with the highest intensity can then be seen repeatedly in the angular range of 30° < ϑ < 80° with n = 2 and n = 3. The lines number 2 and 10 can only be separated into the correspondingly closely neighbouring line pairs α_1 and α_2 or γ_2 and γ_3 in the range with n = 2.

Line number 11 can be clearly assigned to the K_α-radiation of copper. The small circular tungsten anode disk is embedded in a cylindrical copper rod so that some of the electrodes coming from the cathode also hit the copper.

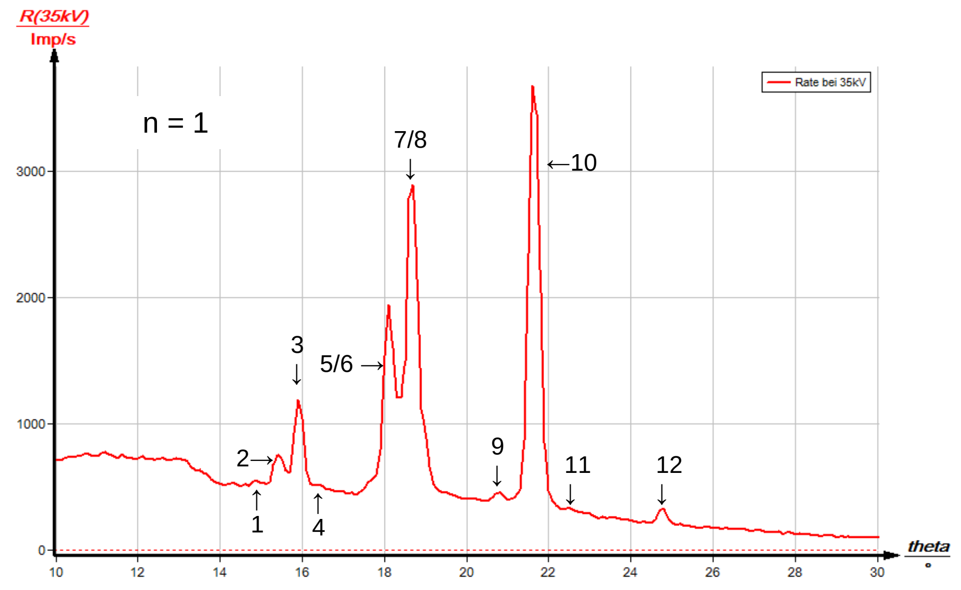


Fig. 11a: Part of the x-ray spectrum in the range of 10° < ϑ < 30°

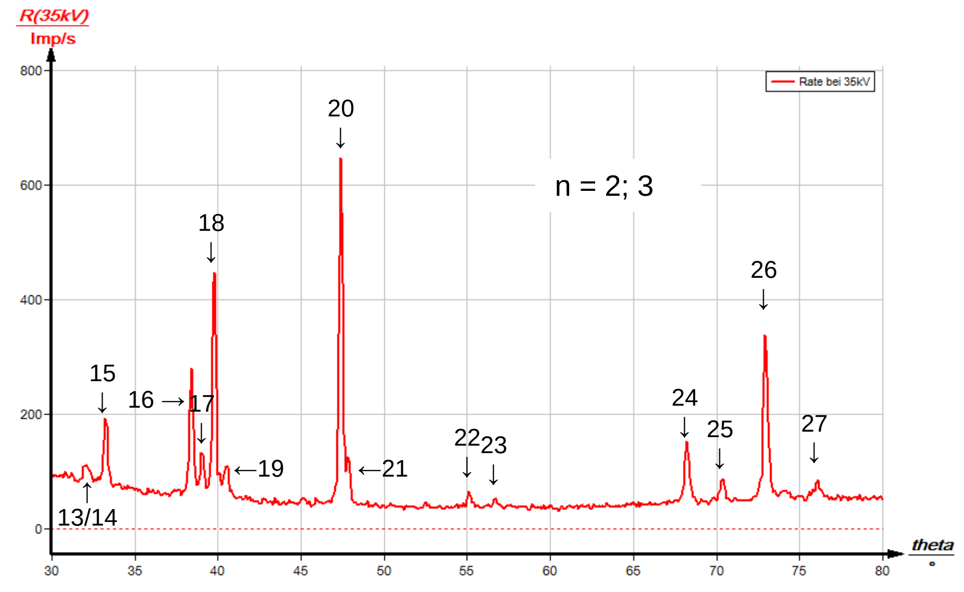


Fig. 11b: Part of the x-ray spectrum in the range of 30° < ϑ < 80°

Column B of the table shows the glancing angles of the invididual lines that were determined with the aid of Figure 5a and 5b. The wavelengths λ and the energies E_{exp} that were calculated with (1) and (3) are shown in columns D and E. Column H shows the energy values E_{Lit} that were calculated with the aid of Figure 9. The correspondence between the energies retrospectively justifies the assignment of the lines to the various transitions. It becomes clear that there are only lines that are permissible in terms of the selection rules. Some other possible lines cannot be proven in this experiment since their intensity is too low.

Table

A	B	C	D	E	F	G	H
Line	ϑ / °	n	λ / pm	$E_{exp.}$ / eV	line	transition	$E_{Lit.}$ / eV
1	14.69	1	102.15	12138	γ_4	L_1O_3	12063
2	15.23	1	105.81	11717	$\gamma_{3/2}$	L_1N_3/L_1N_2	
2	15.23	1	105.81	11717	$\gamma_{3/2}$	L_{1N3}/L_1N_2	
3	15.74	1	109.27	11346	γ_1	L_2N_4	11286
4	16.28	1	112.92	10980	γ_5	L_2N_1	10949
5	17.92	1	123.94	10003	β_2	L_3N_5	9961
6	18.21	1	125.87	9849	β_3	L_1M_3	9818
7	18.47	1	127.61	9716	β_1	L_2M_4	9673
8	18.79	1	129.74	9556	β_4	L_1M_2	9525
9	20.60	1	141.72	8748	η	L_2M_1	8725
10	21.47	1	147.43	8409	$\alpha_{1/2}$	L_3M_5/L_3M_4	
11	22.51	1	154.21	8040	Cu-$K\alpha_{1/2}$		
12	24.57	1	167.49	7402	l	L_3M_1	7387
13	31.80	2	106.13	11682	γ_3	L_1N_3	11674
14	32.01	2	106.76	11613	γ_2	L_1N_2	11608
15	33.03	2	109.79	11294	γ_1	L_2N_4	11286
16	38.12	2	124.33	9972	β_2	L_3N_5	9961
17	38.80	2	126.20	9824	β_3	L_1M_3	9818
18	39.52	2	128.16	9674	β_1	L_2M_4	9673
19	40.24	2	130.10	9529	β_4	L_1M_2	9525
20	47.12	2	147.58	8401	α_1	L_3M_5	8397
21	47.58	2	148.68	8339	α_2	L_3M_4	8335
22	54.88	3	109.71	11300	γ_1	L_2N_4	11286
23	56.47	2	167.88	7385	l	L_3M_1	7387
24	67.90	3	124.28	9976	β_2	L_3N_5	9961
25	70.09	3	126.12	9831	β_3	L_1M_3	9818
26	72.66	3	128.04	9683	β_1	L_2M_4	9673
27	75.79	3	130.03	9535	β_4	L_1M_2	9525

Measure

How to determine the peaks with the software „measure“:

Refer to the help of the software „measure“ to get more detailed information about the program.

- Klick on the button [+] and select an appropriate area of the curve.
- Klick on the button „Peak analysis“.
- The window „Peak analysis“ appears (see Fig. 12).
- Then, klick on „Calculate“.
- If not all the peaks are identified (or too many), set the error tolerance. With high error tolerance, fewer peaks and therefore only important peaks, are displayed. With lower error tolerance, on the other hand, all peaks will be displayed, even those resulting from noise.
- Sign „visualize results“ to transfer the calculated values to the spectrum.

Unbenannte Messung (P:\sunderkoetter\Rö\Versuche_neu\P2540100\Cu_LIF_neGerät3.msr)

R(35kV) Imp/s; theta °; Rate at 35kV

22,7 ° / 4985,0 Imp/s; 20,4 ° / 1762,0 Imp/s; 44,0 ° / 261,0 Imp/s; 50,3 ° / 950,0 Imp/s

Peak analysis

Analyse: left axis / right axis; Tolerance: low – high; Calculate; Copy; Close; Visualize results

onset[°]	maximum[°]	offset[°]	height[Imp/s]	area[Imp/s°]
20,1	20,4	20,8	1762,0	550,80
22,3	22,7	23,2	4985,0	1680,00
43,9	44,0	44,2	261,0	59,65
49,9	50,3	50,6	950,0	317,80

Fig. 12: Automatic peak analysis with „Measure“

Bundesamt für Strahlenschutz



Bauartzulassung nach Röntgenverordnung

Zulassungsschein BfS 01/12 V RöV

I. Bauartzulassung

Hiermit wird die Bauart der im Folgenden bezeichneten Vorrichtung zugelassen. Rechtliche Grundlage sind die §§ 8 bis 12 in Verbindung mit Anlage 2 Nr. 3 der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlung (Röntgenverordnung - RöV) vom 8. Januar 1987 (BGBl. I S. 114) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003 (BGBl. I S. 604), geändert durch die Verordnung zur Änderung strahlenschutzrechtlicher Verordnungen vom 4. Oktober 2011 (BGBl. I S. 2000).

Vorrichtung: Röntgengerät zu Ausbildungszwecken als Vollschutzgerät gem. § 2 Nr. 25 RöV

Typ / Firmenbezeichnung: **XR 4.0 expert unit 09057-99**

Inhaber der Zulassung / Hersteller der Vorrichtung:

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Deutschland

Zugelassene Verwendung:

Das Vollschutzgerät ist zur Durchführung von Experimenten mit Röntgenstrahlung zu Ausbildungszwecken an Instituten und Hochschulen zugelassen.

Befristung der Zulassung: Die Zulassung ist auf zehn Jahre befristet, gerechnet ab dem Datum der Erteilung.

II. Technische Angaben

Max. Betriebswerte:	Röhrenspannung	35 kV (Gleichspannung)
	Röhrenstrom	1,0 mA
	Röhrenleistung	35 W

Röhreneinschub / Röntgenröhren Typ:

X-ray Einschub Nr.	Röhre Teile Nr.	Röntgenröhre Typ	Anodenmaterial
090057-50	329191	GF-169s-30-59-19° Cu	Kupfer
090057-60	329192	GF-169s-30-59-19° Mo	Molybdän
090057-70	329193	GF-169s-30-59-19° Fe	Eisen
090057-80	330965	GF-169s-30-59-19° W	Wolfram

Hersteller der X-ray Einschübe: PHYWE Systeme GmbH & Co. KG

Hersteller der Röntgenröhren: Nagel & Goller GmbH,
Grasweg 22, 24118 Kiel

Aufbau und Funktion der Vorrichtung

Die Röntgeneinrichtung XR 4.0 expert unit 09057-99 dient zur Durchführung von Experimenten mit Röntgenstrahlung zu Ausbildungszwecken überwiegend an Instituten und Hochschulen. Das Gerät ist von einem Stahlblechgehäuse mit den Außenmaßen 446 mm x 562 mm x 682 mm (T x H x B) umgeben, in das Sichtfenster eingelassen sind. Die Stahlbleche sowie die Bodenplatte weisen eine Wandstärke von 1,5 mm auf.

Der Geräteaufbau lässt sich in drei Bereiche gliedern: Oben links der Röhren- und rechts davon der Experimentierraum sowie unten angeordnet der Raum mit dem Netzteil, dem Hochspannungsgenerator und der Steuerelektronik. Alle Kammern sind jeweils durch ein 1,5 mm starkes Stahlblech voneinander getrennt.

Der Experimentierraum ist im Frontbereich durch eine Schiebetür aus ca. 8 mm starkem Acryl-Röntgenschutzglas mit einem Bleigleichwert von mind. 0,3 mm zugänglich, die durch zwei unabhängig arbeitende Sicherheitsschaltkreise und eine elektro-mechanische Verriegelung gesichert wird. Die Hochspannung kann nur eingeschaltet werden, wenn die Tür vollständig geschlossen ist. Umgekehrt wird beim Abschalten der Hochspannung die Tür zeitverzögert entriegelt, so dass diese erst geöffnet werden kann, wenn die Hochspannung unter 5 KV abgefallen ist. Zwei fest eingebaute ca. 12 mm starke Acryl-Röntgenschutzglasscheiben mit einem Bleigleichwert von mind. 0,5 mm ermöglichen es, den Experimentierraum auch von oben und von der rechten Seite einzusehen. Für Experimente kann der Experimentierraum jeweils mit einem Goniometer, einem Detektor, einem Streukristall oder anderen Vorrichtungen ausgestattet sein.

Links vom Experimentierraum befindet sich auf der Frontseite ein weiteres Sichtfenster, welches den direkten Blick auf den Röntgenstrahler ermöglicht. Der Röntgenstrahler ist als „Röhreneinschub (X-ray Einschub)" konstruiert, der vom Betreiber auf der linken Seite der Röntgeneinrichtung ausgetauscht werden kann. Nur wenn der mit einem großen Griff versehene Röntgeneinschub in die Steckverbindungen richtig positioniert wird, lässt sich die Hochspannung einschalten. Dies wird zusätzlich durch zwei Schalter überwacht. Das Modul mit den Außenmaßen 205 mm x 267 mm x 148 mm (T x H x B) hat an der äußeren Griffseite eine Abschirmung aus 2 mm, an der Rückseite aus 1 mm sowie am Boden und an der Seite des Strahlaustritts jeweils aus 3 mm dickem Stahlblech. In die Frontseite des Röhreneinschubs ist zur Beobachtung ein ca. 12 mm starkes Acryl-Röntgenschutzglas mit einem Bleigleichwert von mind. 0,5 mm eingelassen.

Bauartzugelassen sind vier baugleiche X-ray Einschübe der Fa. PHYWE mit den zugelassenen Röntgenröhren (s.o.). Die Röntgenröhre ist von einem Glaskolben ummantelt und mittels einer Halterung im Strahlergehäuse des Röhreneinschubs befestigt. Ein weiteres Glasrohr um die Röntgenröhre führt von unten Luft zur Kühlung heran, die im oberen Bereich des Einschubs wieder austreten kann. Die Lüftungsschlitze sind so angebracht, dass keine direkte Strahlung von der Röhre austreten kann. Das Lüftungsrohr ist auf der Seite des Strahlungsaustritts durchbohrt, damit der Röntgennutzstahl durch eine Lochblende in den Experimentierraum austreten kann.

Es dürfen auch Röntgenstrahler verwendet werden, die mit dem Röntgeneinschub Typ 09057-80 baugleich sind, deren Röntgenröhre der Bauart GF-169s-30-59-19° entspricht und ein Anodenmaterial mit einer Ordnungszahl (Z< 74) kleiner als Wolfram besitzt.

Wesentliche Merkmale für den Strahlenschutz

Die wesentlichen Merkmale für den Strahlenschutz werden durch Konstruktion, Maße und Material der Vorrichtung gemäß Strahlenschutz - Bauartzeichnung bestimmt.

Die für den Strahlenschutz wesentlichen Merkmale der Vorrichtung sind insbesondere

- Schutzgehäuse und Strahlenschutzbleche
- Röntgenröhrenkonstruktion und Strahlerabschirmung
- Spezial Acryl-Röntgenschutzglas mit Bleigehalt gemäß Beschreibung
- Elektro-mechanische Verriegelungen und Positionsschalter
- Elektronische Sicherheitsschaltkreise mit automatischer Fehlererkennung
- Sicherheitsabschaltung bei Überschreiten der maximalen Betriebsbedingungen

Durch die Bauart der Vorrichtung ist gewährleistet, dass die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung der Röntgenstrahlung $\dot{H}*(10)$ im Abstand von 0,1 Meter von der berührbaren Oberfläche des Schutzgehäuses bei den oben genannten Betriebswerten weniger als 1 µSv/h beträgt. Durch die beiden unabhängig arbeitenden Sicherheitskreise der vorderseitigen Schiebetür und der aktiven Verriegelung wird sichergestellt, dass die Vorrichtung nur bei vollständig geschlossenem Schutzgehäuse betrieben werden kann.

Durch weitere Vorrichtungen ist sichergestellt, dass die maximalen Betriebsbedingungen nicht überschritten werden können. Diese Sicherheitsvorrichtungen erfüllen die Anforderungen der Kategorie 1 nach EN 954-1.

Die Vorschriften über die Bauart von Vollschutzgeräten gemäß Anlage 2 Nr. 3 RöV sind erfüllt (Prüfschein der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Nr. 6.32-V278 vom 20.12.2011).

III. Hinweise

Hinweise für den Zulassungsinhaber

Auf die Pflichten des Zulassungsinhabers nach § 9 RöV wird verwiesen. Im Besonderen ergehen folgende Hinweise:

1. Vor einer Abgabe des Vollschutzgeräts ist eine Qualitätskontrolle durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Vorrichtung den für den Strahlenschutz wesentlichen Merkmalen der Bauartzulassung entspricht. Dem Erwerber der Vorrichtung ist ein

Abdruck dieses Zulassungsscheins auszuhändigen, auf dem das Ergebnis und das Datum der Qualitätskontrolle bestätigt sind.

2. Dem Erwerber der Vorrichtung ist eine Betriebsanleitung in deutscher Sprache auszuhändigen, in der auf die Maßnahmen und Bedingungen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes hingewiesen wird.
3. Die Vorrichtung ist mit dem Bauartzeichen „BfS 01/12 V RöV" und der Aufschrift „VORSICHT RÖNTGENSTRAHLUNG!" zu versehen. Die Kennzeichnung ist dauerhaft an mindestens einer deutlich sichtbaren Position am Schutzgehäuse der Vorrichtung anzubringen. Darüber hinaus hat eine Kennzeichnung mit der Firmenbezeichnung und der Seriennummer zu erfolgen.

Hinweise für den Inhaber der Vorrichtung

Auf die Pflichten des Inhabers einer bauartzugelassenen Vorrichtung nach § 12 RöV wird verwiesen. Im Besonderen ergehen folgende Hinweise:

1. Der Betrieb eines Vollschutzgeräts ist nach § 4 Abs. 3 RöV genehmigungsfrei, wenn die Inbetriebnahme der zuständigen Behörde spätestens zwei Wochen vorher angezeigt wird.
2. Der Inhaber der Vorrichtung hat einen Abdruck des Zulassungsscheins bei der Vorrichtung bereit zu halten.
3. An der Vorrichtung dürfen keine Änderungen vorgenommen werden, die die für den Strahlenschutz wesentlichen Merkmale betreffen.
4. Die in der Betriebsanleitung vorgegebenen Maßnahmen und Bedingungen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes sind einzuhalten.
5. Die Röntgeneinrichtung darf nicht durchgehend betrieben werden. Sie soll mindestens täglich abgeschaltet werden.
6. Die Röntgeneinrichtung muss halbjährlich vom Netz getrennt und wieder in Betrieb genommen werden, damit die interne automatische Fehlererkennungsprozedur vollständig ablaufen kann.
7. Wartungs- und Reparaturarbeiten dürfen nur vom Hersteller oder durch vom Hersteller autorisiertes Servicepersonal ausgeführt werden.
8. Der Betrieb der Vorrichtung ist unverzüglich einzustellen, wenn
   - die Rücknahme, der Widerruf der Bauartzulassung oder die Erklärung, dass die bauartzugelassene Vorrichtung nicht weiter betrieben werden darf, bekannt gemacht wurde oder
   - die bauartzugelassene Vorrichtung nicht mehr den im Zulassungsschein genannten Merkmalen entspricht.

BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
- Bauartzulassung nach RöV / 2-2011-10-N -
Postfach 10 01 49, 38201 Salzgitter

Im Auftrag

Berlin, 27. Jan. 2012

BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ 21

U. Häusler